

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie (bakalářské studium)

Studijní obor: Geografie - kartografie



VODOPÁDY V TOPOGRAFICKÝCH DATABÁZÍCH A DIGITÁLNÍ KARTOGRAFII

Waterfalls in Digital Topographic Databases and Digital Cartography

Bakalářská práce

Pavla PÁNOVÁ

Praha 2013

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jakub Lysák

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 19. 5. 2013

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomohli vypracovat tuto práci. Mé rodině, která mě podporovala při studiích. Hlavně mé mamince, která se mnou vždy obětavě vyrazila do terénu. Mému švagrovi, bez jehož pomoci by tato práce ne získala svou konečnou podobu. Dík patří také mému příteli, který to se mnou vydržel. Největší poděkování patří vedoucímu této práce, RNDr. Jakubovi Lysákovi, za cenné připomínky a za veškerý čas, který této práci věnoval.

Vodopády v topografických databázích a digitální kartografii

Abstrakt

Cílem této práce je seznámit uživatele se základními typy vodopádů a možnostmi zlepšení informací o nich, zvláště pak vylepšení databáze ZABAGED a reprezentace Základní mapy 1 : 10 000. Dílčím cílem je popsání vodopádů ve světovém měřítku a jejich reprezentace v zahraničních databázích a mapách a možnost aplikace těchto zjištění na Českou republiku. Dále bude představen návrh pro automatizovanou tvorbu kartografické reprezentace vodopádů pro topografické mapy středních měřítek, speciálně pro Základní mapu 1 : 10 000. Jako doplněk poslouží názorné ukázky reprezentace vodopádů ze zahraničních i českých zdrojů.

Klíčová slova: vodopády, peřeje, digitální topografická databáze, digitální kartografie

Waterfalls in Digital Topographic Databases and Digital Cartography

Abstract

The purpose of this work is to apprise a user with basic types of waterfalls and opportunities to improve information about them, especially to improve the ZABAGED database and a representation of The base map 1 : 10 000. The sectional purpose is to describe the waterfalls worldwide and their representation in foreign databases and maps, and a possibility to apply these findings for the Czech Republic. There will be presented a draft for automated creation of a cartographic presentation of the waterfalls and rapids for medium scale topographic maps, especially for The base map 1 : 10 000. There will be demonstrations of representation of the waterfalls from foreign and Czech sources as a supplement.

Keywords: waterfalls, rapids, digital topographic database, digital cartography

Obsah

Slovo úvodem.....	6
1. Úvod.....	7
1.1. Definice vodopádu z pohledu topografického mapování	7
1.2. Příbuzné jevy	9
1.3. Charakteristika oblastí častého výskytu vodopádů.....	10
1.4. Úvod do problematiky měření vodopádů.....	11
1.5. Vodopády v České republice	13
1.6. Vodopády ve světě	15
2. Vodopády v zahraničních digitálních databázích a na zahraničních mapách.....	20
2.1. Island.....	20
2.2. Kanada.....	22
2.3. Německo	23
2.4. Nový Zéland	25
2.5. Spojené státy americké	28
2.6. Švýcarsko	30
2.7. Velká Británie.....	30
3. Vodopády v české topografické databázi a na mapách středních měřítek.....	32
4. Metodika	34
4.1. Zdroje dat.....	34
4.2. Měření polohy	35
4.3. Měření výšky	36
4.4. Postup práce.....	40
4.5. Doporučení při tvorbě a návrh katalogových listů.....	43
4.6. Návrh kartografické vizualizace vodopádů a peřejí pro mapy středních měřítek	46
5. Diskuze.....	49
6. Závěr.....	51
Použitá literatura:	52
Internetové zdroje:	53
Seznam příloh:.....	57

Slovo úvodem

Podnět k napsání této bakalářské práce dal RNDr. Jakub Lysák. Mně se téma velmi zalíbilo, slibovalo dobrodružné výpravy za vodopády a hlavně nabízelo aspoň malou pravděpodobnost, že veškerá práce neskončí v šuplíku, ale že by se její výsledky mohly dále využívat. Neváhala jsem tedy a okamžitě se pustila do studia tohoto zajímavého jevu.

První, co mne zaujalo, byl vysoký počet vodopádů v České republice. A z výprav za nimi jsem pochopila, že nejsem jediná. Mnoho místních lidí se mě ptalo, proč tam jdu a co tam budu dělat. Po odpovědi, že se chystám měřit vodopády, udiveně zvedli obočí a zeptali se: „Tady jsou nějaké vodopády?“ Je až s podivem, jak málo jich došlo zraku české veřejnosti. O světové ani nemluvě. Proto jsem byla ráda za návrh vedoucího mé práce uspořádat všechny známé vodopády přehledně na jednom místě. A tak se zrodila myšlenka vytvořit jejich katalog.

Literatura je, co se týče vodopádů, velmi chudá. Nejen česká, ale překvapivě i světová. Najít ucelenou publikaci, která by se zabývala všemi vodopády (např. vodopády v USA) je velmi těžké, ba přímo nemožné. V USA naštěstí vychází velké množství aspoň regionálních průvodců, speciálně jen o vodopádech. V České republice na první ucelenou publikaci, ve které by byly zahrnuty všechny vodopády, zatím marně čekáme.

Hlavním cílem této práce ovšem není vyprávět o všech nádherných vodopádech, které se v České republice nachází. To přenechám raději beletristům. Jejím hlavním cílem je zpřehlednit a navrhnout možné vylepšení digitální databáze, kterou spravuje Český úřad zeměměřický a katastrální, tzv. ZABAGED a s tím spojené navrhnutí nových znaků pro základní mapy středních měřítek, primárně pro Základní mapu 1 : 10 000.

Nezaměřila jsem se ovšem jen na vodopády. Určitá část je věnovaná také peřejím, jakožto příbuznému jevu vodopádů. Pojem peřej je známý hlavně vodákům, kteří s nimi zápasí na svých plavbách. Vyskytují se snad na všech horských tocích a bohužel si někdy vyberou oběť nejvyšší – život člověka. Také proto jsem se rozhodla začlenit je do této práce.

Původní rozsah práce byl plánován mezi 30 a 40 stránkami. Při postupném studiu obecné problematiky vodopádů jsem ovšem zjistila, že je zapotřebí vysvětlit mnoho pojmů, které se k vodopádům vážou. Nakonec se tedy počet stran vyšplhal na 57 a já doufám, že tím práce neztratila nic na čitelnosti a naopak tyto části, které na první pohled možná s topografií a kartografií až tak nesouvisí, přispějí k lepšímu pochopení problematiky.

Pavla Pánová

1. Úvod

Vodopády jsou u nás všeobecně velmi zanedbávaným fenoménem. Téměř nikdo o nich neví, veřejnost se o ně, kromě těch nejznámějších, nezajímá. Informace jsou velmi těžko dostupné, v odborné literatuře o nich lze najít pouze letmé zmínky. Úvodní kapitola této práce si tedy klade za cíl základní seznámení s pojmem vodopád. Budou představeny definice z různých pohledů, nejen topografie, které naznačí, jak jsou vodopády vnímány v rozdílných vědních oborech. Důraz bude kladen na vysvětlení pojmů úzce souvisejících s vodopády. Předpoklad, že se vodopády vyskytují ve specifickém typu krajiny, bude také v této části rozebrán a bude sestavena obecná charakteristika tohoto typu. Velmi zběžně bude v úvodní části popsána také problematika měření vodopádů, která bude podrobněji rozebírána v dalších kapitolách. Dále se tato část práce zaměří na specifikaci vodopádů v České republice, které budou obecně popsány a také na představení vodopádů ve světě, bude tedy možné jejich porovnání.

1.1. Definice vodopádu z pohledu topografického mapování

Pod pojmem vodopád si lze představit vodu, která volným pádem překonává určitou nerovnost. Studium odborné literatury lze ale zjistit, že přesná definice vodopádu neexistuje. Liší se nejenom napříč obory, ale i napříč státy. Podstata ovšem zůstává stejná: vodopád – padající voda. Nezáleží na tom, jestli je vysoký 1 metr nebo 900 metrů. V této kapitole budou uvedeny definice vodopádů z různých pohledů.

Slovník spisovného jazyka českého definuje vodopád jednoduše: „*tekoucí voda padající prudce z výšky přes skalní stěnu*“ [URL 1]. Pro potřeby kartografů je to ovšem definice nedostatečná. V katalogu Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD), projektu Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, je objekt vodopád definován jako: „*svislý nebo příkrý stupeň (skalní stěna) v říčním korytě, přes který přepadá vodní tok*“ [URL 2]. Iniciativa INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) vydala dokument specifikace hydrografických dat, kde definuje vodopád (*Fall*) jako svislou část vodního toku přes kterou z výšky přepadává voda [URL 3].

Václav Hrdonka, tvůrce nejobsáhlejší české internetové stránky o vodopádech, stanovuje následující kritéria [URL 4]:

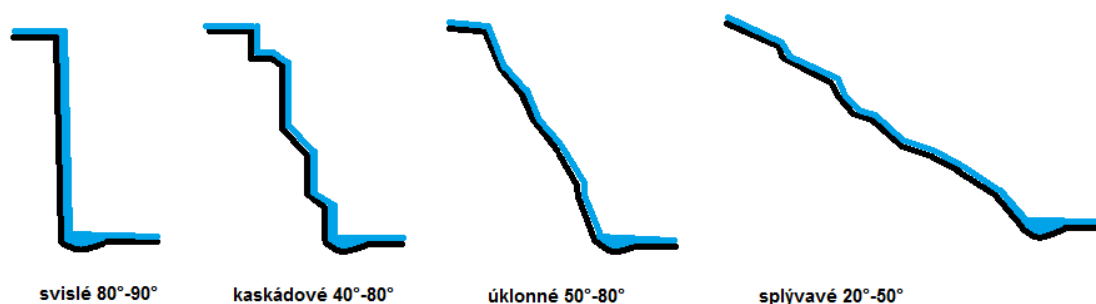
- ❖ Součin výšky vodopádu a jeho průměrného ročního průtoku je vyšší než $20 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$
- ❖ Sklon vodopádu je větší než 45°

V praxi má tento způsob definování zásadní nevýhodu – velmi těžko se zjišťuje průměrný roční průtok na menších vodních tocích. Lze je stanovit výpočtem z plochy povodí a specifického odtoku, hodnoty budou ale pouze orientační.

Podle Turka (1998) je vodopád definovaný jako: „*svislý, (příp. téměř svislý) zlom v podélném profilu vodního toku*“. Jako druhou podmínku stanovuje určitou výšku. Měření výšky vodopádu bývá problematické, zřejmě proto se odborná literatura touto podmínkou téměř nezabývá. Arsejev (1987) uvádí jako minimální výšku 1 metr. Toto kritérium by bylo vhodné pro naše poměry, ovšem ve světovém měřítku nemůže obstát. Český odborník na problematiku vodopádů Vlastimil Pilous (2009a) se ve svém článku přiklání k minimální hodnotě 2 metry u samostatného, izolovaného stupně. Více o problematice měření výšky vodopádů v kapitole 4.3. Pilous (2009a) dále uvádí, že vodopády lze z geologického hlediska definovat pomocí charakteru geologického podloží, sklonu podloží, horizontální členitosti a hydrologického charakteru toku. Tyto definice jsou

z topografického pohledu přínosné, lze díky nim rozlišit vodopády od příbuzných jevů. Do značné míry lze souhlasit s Pilousem (2009a), který tvrdí, že určit přesnou definici vodopádů znemožňuje rozmanitost vodopádů a subjektivita v jejich chápání. Každý potenciální vodopád by se tedy měl posuzovat individuálně a v souvislosti s okolní krajinou.

Pilous (in Karpaš, 2009) uvádí problém s dvojím pojetím vodopádů. Říká, že rigorózní hledisko považuje za vodopády jen svislé, nebo téměř svislé. Po celém světě jich je velmi malé množství. Naopak většinové pojetí (značně realističtější) se ztotožňuje s geomorfologickým hlediskem. Podle něj je vodopád chápán jako výraznější nerovnost ve smyslu údolního stupně přetékaného vodním tokem, který kopíruje povrch. Typy vodopádů, včetně sklonu jsou znázorněny na obr. 1.



Obr. 1 Hlavní typy vodopádů, upraveno podle Pilouse in Karpaš, 2009

Specifickým druhem vodopádů jsou umělé vodopády. Do této práce budou zahrnuty pouze takové, které padají přes přírodní podloží a lze je s jistotou označit za vodopády. V přírodě lze nalézt i útvary, které např. svým tvarem mohou připomínat vodopády, ovšem nelze je za ně označit. Jsou to útvary, které nepadají přes přírodní skalní podloží. Příkladem mohou být jezy, které jsou vytvořené úpravou koryta řeky tak, že voda přepadává přes beton, či jiné nepropustné podloží. Takové útvary na vodních tocích jsou samostatným objektem a nebudou blíže rozebírány, s vodopády nesouvisí. Na obr. 2 je dobře patrné zřejmě betonové podloží, přes které přepadává řeka Cidlina.



Obr. 2 Jez na řece Cidlině v Libici nad Cidlinou, zdroj: Wikipedie, 2005

V krajině lze nalézt také podzemní vodopády, které jsou z geologického hlediska velmi zajímavé. Topografie se jimi však nezabývá. Výjimkou je Rudické propadání, které je z části vidět ze zemského povrchu, bylo tedy zahrnuto do dat zpracovávaných v této práci.

1.2. Příbuzné jevy

Podle Pilouse (2009a) „*nejsou vodopády izolovaným jevem v krajině, ale souvisí s okolním terénem, který vedl k jejich vzniku*“. Nelze proto nezmínit jevy jako peřej, kaskáda a katarakt, které úzce souvisí s vodopády a tvoří objekty na toku. Bývají často posuzovány jako typy vodopádů.

Peřeje jsou místa na vodním toku s rychle tekoucí vodou, která překonává překážky pod menším sklonem, než aby byly považovány za vodopády. Pilous (2009a) uvádí hodnotu sklonu 5 - 15°. V zahraniční literatuře jsou peřeje definovány např. Summerfieldem (1991) jako méně výrazné nepravidelnosti ve vodním toku, které se skládají z příkrých výstupků zcela, nebo částečně ponořených v toku. Peřeje se velmi často vyskytují v těsné blízkosti vodopádu, ale mohou vznikat i samostatně. Strahler a Strahler (1997) říkají, že peřeje se vytváří nejčastěji po zániku vodopádu. Příkladem může být Vysoký vodopád, původně tvořený jedním 45 metrů vysokým stupněm, který byl při povodních rozrušen. Erozí říčního dna se mění ve vodní proud [URL 5].



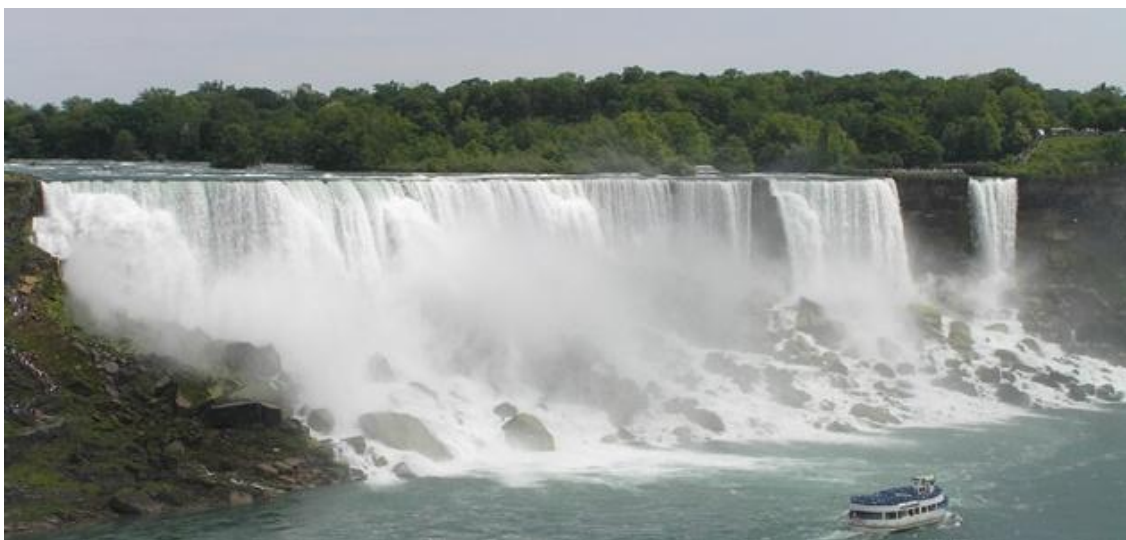
Obr. 3 Peřeje na řece Vuoksi (Finsko), zdroj: Lidé a Země, 2009

Kaskády (kaskádové vodopády) jsou místa, kde vodní tok překonává převýšení a vytváří tak skoky. Jsou velmi podobné vodopádům, mají ovšem větší délku. Pilous (2009a) udává sklon pro kaskádu 40 – 80° a definuje dva podtypy. Ve vodopádové kaskádě dominuje jeden, nebo více nápadně vyšších stupňů. Schodovité kaskády stejnou výškou stupňů připomínají schody. V zahraničí často splývá kaskáda a vodopád v jeden jev.



Obr. 4 Kaskáda na Bílém Labi, zdroj: wikipedia, 2005

Katarakty definuje Pilous (2009a) jako vodopády, které mají dlouhou přepadovou hranu, jsou tedy širší než vyšší. Přepadová hrana může být členěna na více ramen. V České republice se vyskytují velmi sporadicky (např. na řece Mohelnici). Ve světě jsou nejznámější katarakty na řece Nil, tzv. Nilské katarakty [URL 6]. Z vodopádů sem patří např. Niagarské vodopády.



Obr. 5 Část Niagarských vodopádů (Podkova), zdroj: Lenka Jodlova, 2012

1.3. Charakteristika oblastí častého výskytu vodopádů

Vodopády jsou fenoménem rozšířeným po celém světě, na jejich výskyt mají vliv geologické a klimatické podmínky. Vodopády bychom pravděpodobně nejčastěji hledali na horách, mělo by tedy platit, že čím vyšší pohoří, tím vyšší vodopád. Tato přímá úměra ale neplatí. Jako příklad může posloužit Norsko. Na jeho území se nevyskytují větší hory, popř. pohoří, ale lze zde najít jedny z nejvyšších vodopádů v Evropě. Naopak v Alpách jsou vrcholy vysoké přes 4000 metrů, ale až 19. nejvyšší evropský vodopád [URL 7].

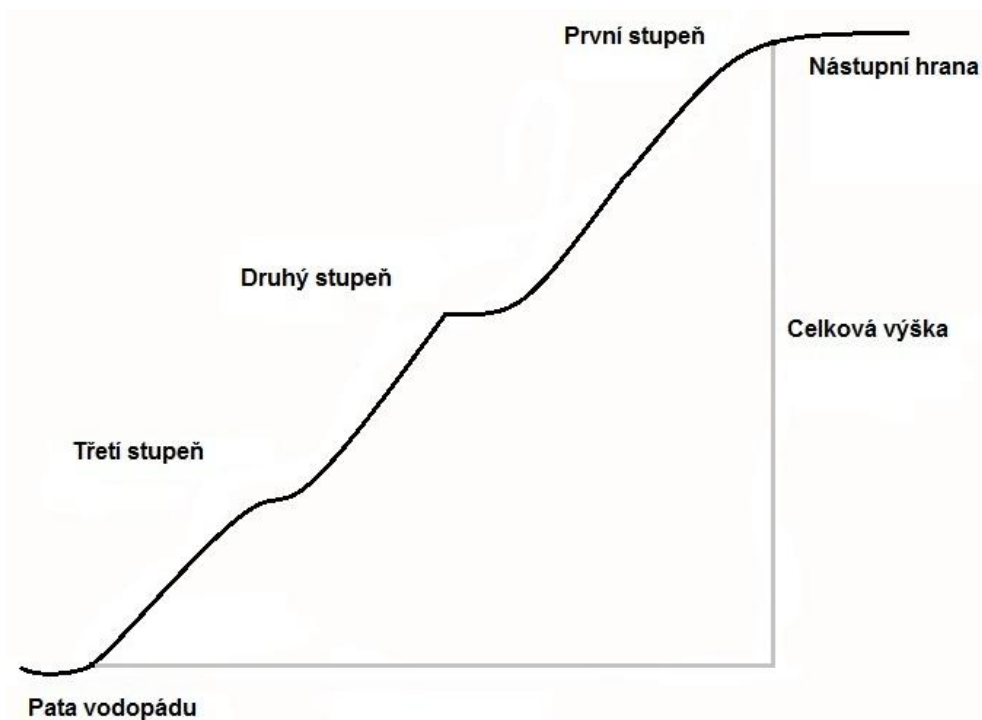
Worcester (1946) ve své publikaci nazývá oblasti častého výskytu vodopádů oblastmi topografické nepřizpůsobivosti. Jako příklad uvádí pokles jedné části skalní stěny při zemětřesení, čímž vznikne útes, přes který začne přepadávat vodní tok. Dále uvádí, že eroze je jedním z nejdůležitějších typů narušení terénu. Velmi často provází vodopád celou jeho existencí. Je příčinou jeho vzniku, ale i následkem jeho působení. Strahler a Strahler (1997) se zaměřují na alpské vodopády a říkají, že jejich vznik podmínilo pleistocénní zalednění a dalo jim vzhled širších, pozvolnějších vodopádů. O čtvrtohorách se také zmiňuje Pilous (2009a) a říká, že důležité pro vývoj vodopádů byly klimatické a geologické podmínky nejen dnešní, ale minimálně po celé čtvrtohory. Obecně by se tedy dalo říci, že aby mohl vzniknout vodopád, musí mu předcházet určitý stupeň narušení terénu, na které není schopné okolí budoucího vodopádu adekvátně reagovat. Vodopády tedy zřejmě vznikaly hlavně v místech, kde ve čtvrtohorách probíhal geologický vývoj.

Oblasti výskytu vodopádů se mohou značně lišit např. okolní faunou a flórou. Vždy jsou to ovšem oblasti narušené přírodní činností – zemětřesení, ledovce, rušivá činnost vody, ale i lávový proud (výjimkou jsou umělé vodopády). Aby mohly fungovat celoročně, musí mít jejich zdrojnice dostatek vody. Příkladem může být okolí vodopádu Salto Ángel, kde podle odhadů spadne ročně až 7000 mm srážek [URL 8].

Charakteristika oblastí výskytu z geografického hlediska není jednoduchá. Můžeme si pomoci klimatologií (Köppenovou klasifikací podnebí) a říci, že vodopády se vyskytují v tropickém deštném, teplém dešťovém a boreálním podnebí.

1.4. Úvod do problematiky měření vodopádů

Běžně se měří pouze poloha vodopádů, v této práci však budou podrobně popsány způsoby měření a to nejen polohy, ale i výšky. Je tedy nutné vysvětlit základní pojmy, které se váží na vodopády – délka a výška vodopádu, vodopádový stupeň a vodopádová soustava a série. Boční profil vodopádu je znázorněn na obr. 6.

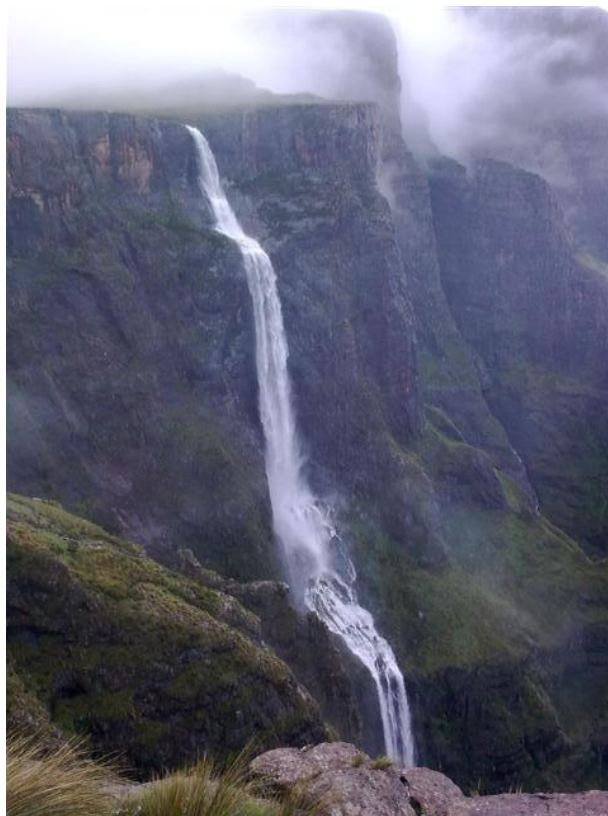


Obr. 6 Boční profil vodopádu, upraveno podle Hrdonky, 2006

Určení délky je obecně velmi složité, proto se u většiny vodopádů vynechává. Za celkovou délku nelze považovat vodorovnou vzdálenost mezi nástupní hranou a patou vodopádu, podle Pilouse (2009a) se musí zohledňovat i úhel sklonu. Zjednodušeně by se tedy za délku dal považovat součet vodorovných délek všech stupňů vodopádu.

V praxi bývá složité určit, kde vodopád začíná a kde končí. To je hlavním důvodem, proč se literatura často v údajích o jednotlivých výškách vodopádů rozchází. V dokumentaci k INSPIRE Hydrography je definována jako měřená vzdálenost od nejnižšího bodu (paty vodopádu) k nejvyššímu (nástupní hraně) [URL 3]. Jednou ze snah o vylepšení vrstvy vodopádů v ZABAGED bude určit, s jakou pravděpodobností má vodopád danou výšku. Podrobnější rozbor v kapitole 4.5.

Vodopádový stupeň je část vodopádu oddělená od ostatních krátkými ploškami (tzv. mezistupni). Vodopád skládající se ze dvou a více vodopádových stupňů se nazývá vícestupňový. Stupně mohou mít mezi sebou vzdálenost řádově v metrech a jsou odděleny krátkými ploškami. Ukázkou vícestupňového vodopádu lze nalézt níže, na obr. 7, kde jsou dobře patrné čtyři stupně.



Obr. 7 Pohled na vodopád Tugela (Jihoafrická republika), zdroj: Gavin Raubenheimer, 2011

Vodopádová soustava a vodopádová série jsou pojmy úzce související s vodopády. Pilous (2009a) je popisuje jako delší úseky, kde vodní tok vytváří velký počet stupňů a nerovností (peřejí, nižších vodopádů, kaskád). Ve vodopádové soustavě na sebe jednotlivé stupně velmi těsně navazují a oddělují je jen krátké úseky mírnějšího sklonu a převážně skalního podloží. Příklad lze nalézt níže na obr. 8, kde je velmi dobře patrný úsek mírného sklonu a skalního podlaží, který odděluje dva stupně. U vodopádové série je mezi stupni větší rozestup (stovky metrů) a oddělují je úseky s mírnějším sklonem, velmi často vyplněné nánosy kamení, bahna a padlých stromů. Opticky spolu tedy, na rozdíl od soustavy, nesouvisí (obrázky 9).



Obr. 8 Ukázka vodopádové soustavy, vodopády Connestee (USA), zdroj: www.carolinamountain.org, 2012



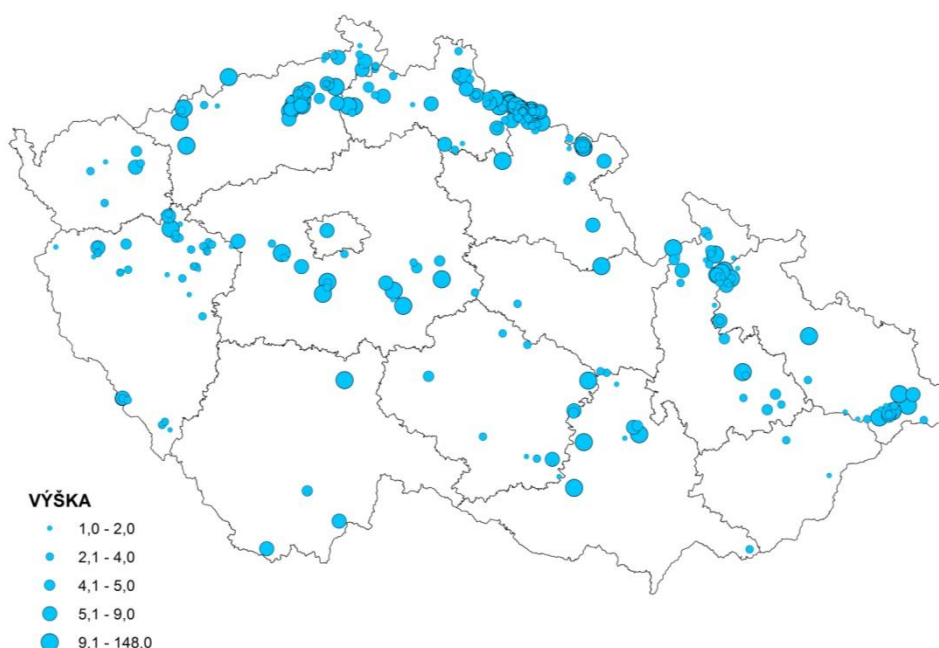
Obr. 9 Jednotlivé vodopády série na Černém potoce, vlevo Dolní vodopád, vpravo Skrytý vodopád, zdroj: Jan Tomášek, 2006

1.5. Vodopády v České republice

České vodopády ve světovém měřítku sice neuspějí, nic jim to ale neubírá na jejich kráse a jedinečnosti. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2., vodopády nelze posuzovat samostatně a právě okolní příroda může i menším vodopádům propůjčit majestátní vzhled.

Geografické rozšíření vodopádů velmi dobře popisuje Pilous (2009a). Všimá si, že v nejvyšším českém pohoří, Krkonoších, jsou nejvyšší vodopády a je jich také nejvíce. Naopak na Šumavě, která je jen o málo nižší, je vodopádů velmi poskrovnu a nedosahují výšky krkonošských. Hlavním faktorem vzniku bylo zalednění ve čtvrtohorách, které zasáhlo Krkonoše nejvíce ze všech našich pohoří a má na svědomí vznik nejvyšších vodopádů. U českých vodopádů speciálně hraje roli subjektivita pozorovatele, který si intuitivně všimá jevů určitým způsobem „vystupujících“ z okolního terénu. Zřejmě proto jsou v Krkonoších opomíjeny některé menší vodopády, které by jinde vynikaly, a místo

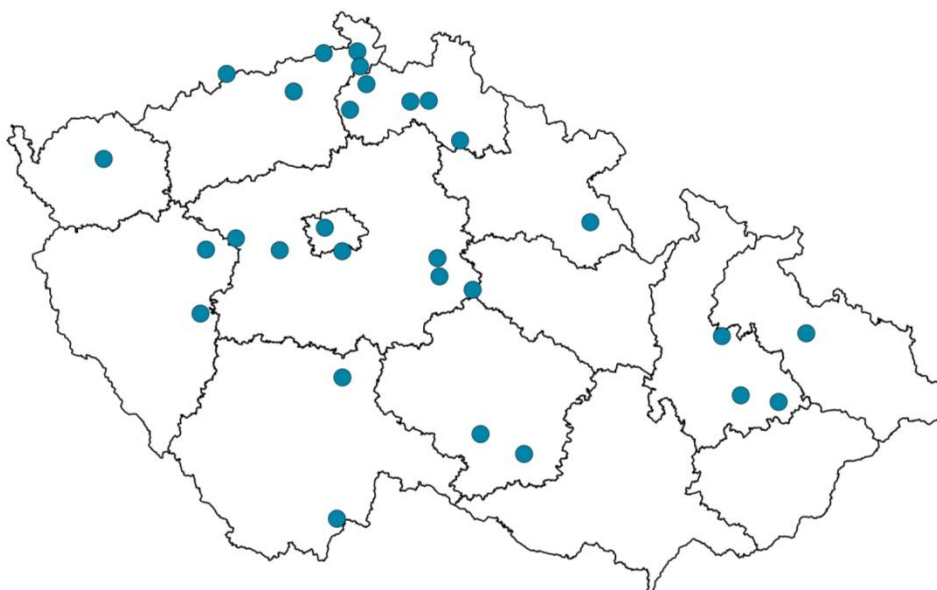
toho se literatura spíše zmiňuje o kaskádách, které jsou atraktivnější na pohled a mohou mezi krkonošskými vodopády obstát, když ne výškou, tak délkou. Znázornění oblastí výskytu vodopádů je na obr. 10.



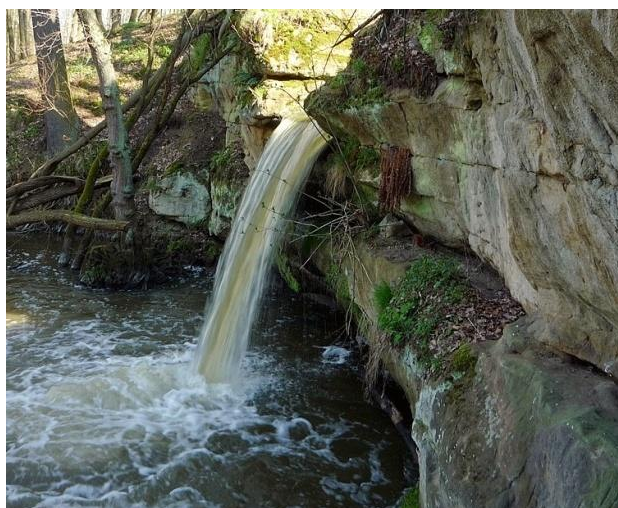
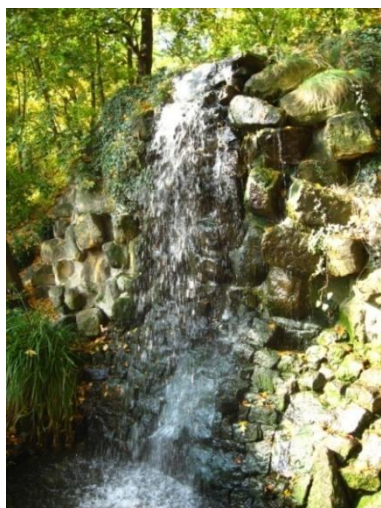
Obr. 10 Výskyt vodopádů v České republice, zdroj: ArcČR 500, vlastní data

Pančavský vodopád zaujímá se svými 148 metry post nejvyššího vodopádu České republiky. Z důvodu špatně přístupného terénu se výška ovšem může v různých publikacích velmi lišit. Padá z Pančavské louky do Labského dolu [URL 9]. Podle Pilouse (2009c) představuje „nejdokonalejší příklad skandinávského typu vodopádu ze všech tří českých (a celkově čtyř krkonošských) zástupců tohoto typu, které vznikly na visutých tocích na styku dvou typů reliéfu: velmi plochého vrcholového, vývojově starého, třetihorního a tektonicky vyzdviženého zarovnaného povrchu a mladého erozního, ledovcem přehloubeného údolí (karu)“. Dnes je vodopád v I. zóně Krkonošského národního parku.

Umělé vodopády jsou nedílnou součástí české přírody, a jak již název napovídá, nevznikly přirozenou cestou. V České republice je přibližně 30 umělých vodopádů [URL 10]. Jejich rozmístění je znázorněno na obr. 11. Umělé vodopády může člověk vytvořit, či jejich vznik podnítit nepřímo. Vodopády vybudované přímo člověkem slouží převážně jako okrasný prvek, nejčastěji je lze nalézt v městských parcích, či v zámeckých zahradách. Takové vodopády bývají napájeny umělými zdroji, mají tedy dostatek vody po celý rok. Příkladem může být vodopád v zahradě Kinských (obr. 12), který je napájen umělým systémem říček a rybníčků, či vodopád v zámeckém parku Lednice, napájený z přilehlého rybníka. Tento vodopád se „zapíná“ pouze jeden den v roce, i když dříve fungoval celoročně, tedy pokud byli majitelé přítomni. Samovolně vznikají vodopády v místech po zásahu lidské činnosti a takové nelze tedy považovat za přírodní. Příkladem mohou být umělé výpusti z rybníků (Dolanský rybník, obr. 12). Jejich existence je zcela závislá na existenci objektu, na kterém vznikly (např. doly či plavební kanály).



Obr. 11 Rozmístění umělých vodopádů v České republice, zdroj: ArcČR 500, vlastní data



Obr. 12 Vlevo pražský vodopád v zahradě Kinských, zdroj: www.foto.mapy.cz, vpravo vodopád pod Dolanským rybníkem, zdroj: Jaroslav Pilnaj

1.6. Vodopády ve světě

Za hranicemi České republiky se vyskytuje velké množství vodopádů, vyšších a známějších. Vznikly různými způsoby a v různých obdobích. Proto je každý z nich jedinečný svým vlastním způsobem. Povědomí veřejnosti se však omezuje jen na ty nejznámější, ne nutně nejvyšší. V této kapitole budou tedy stručně popsány vodopády ve světě.

Zřejmě nejvelkolepější vodopády světa leží v jižní Africe, na hranicích mezi Zimbabwe a Zambií na řece Zambezi. Nazývají se Viktoriiny vodopády, tongánsky *Mosi-oa-Tunya* (obr. 13). Šířka vodopádu je cca 1 700 metrů, ale výška pouze 105 metrů [URL 11]. Během povodní jimi proteče přes 500 milionů litrů vody za minutu. Počátky vzniku vodopádů

se datují do doby před 2 miliony let. Roku 1989 byly zařazeny na seznam světového dědictví UNESCO [URL 12].



Obr. 13 Viktoriiny vodopády, zdroj: National Geographic, 2012

Velmi zajímavým úkazem jsou Australské vodopády. V celosvětovém měřítku jsou svou výškou zanedbatelné – nejvyšší má 300 metrů [URL 13]. Je až s podivem, že vznikly na tak nízkém kontinentě. Jejich existence potvrzuje Pilousovu (2009a) teorii – totiž že vodopády se nemusí nutně nacházet jen v nejvyšších pohořích.

Z asijských zemí je nejvíce vodopádů v Japonsku. A právě Japonsko se pyšní dvěma významnými vodopády. Shomyo (japonsky *Shomyo-daki*, 称名滝) a Hannoki (japonsky *Hannoki-no-taki*, 榛の木の滝) jsou dva nejvyšší vodopády, Hannoki se pokládá za nejvyšší vodopád celé Asie. Je sezónní a objevuje se pouze s dostatkem vody po tání sněhu. Jeho výška je přibližně 500 metrů a je složen pouze z jednoho stupně. Naopak Shomyo je celoroční a čtyřmi stupni překonává výšku 350 metrů. Vodopády padají do jedné řeky [URL 14].

O evropských vodopádech je k dispozici řada informací, je proto těžké vybrat mezi všemi takové, které budou dobře reprezentovat tento starý kontinent. Pokud bychom měli posuzovat pouze výšku, první příčky by obsazovaly jen ty norské. Do prvních 50 se probojovaly pouze tři švýcarské, dva rakouské, dva francouzské, jeden španělský, německý a slovinský.

Nejkrásnějšími vodopády Evropy jsou však bezesporu Plitvická jezera (chorvatsky *Plitvička jezera*), nacházející se na horním toku řeky Korana v Chorvatsku. Systém jezer se skládá z Horních a Dolních, která jsou rozdělena právě vodopády. V roce 1949 byl kolem jezer zřízen národní park a roku 1979 byly přidány na seznam Světového dědictví UNESCO [URL 15]. Na zhruba sedmikilometrovém úseku je 92 vodopádů, nejvyšší z nich se nachází u jezera Kozjak [URL 16].



Obr. 14 Část vodopádů v NP Plitvická jezera, zdroj: Panoramio, 2010

Běžně bývá označován jako nejvyšší vodopád světa Salto Ángel, není ovšem jasné, do jaké míry jsou měření přesná. Vodopád byl objeven pilotem J. C. Angelem a po něm byl také pojmenován. Domorodí obyvatelé ho nazývají *Kerepakupai Merú*, tedy „padající z nejhlubšího místa“. Leží ve Venezuele na řece Churún. Padá z vrcholu Auyán-tepui, stolové hory jejíž název znamená „Děblova hora.“ Pravděpodobně překonává výšku 979 metrů. Vodopád není zřejmě napájen tradičními zdroji, jako jsou tající ledovce, či sněh, jezera ani velké řeky. Pravděpodobně je jeho průtok zcela závislý na padajících srážkách, kterých je ovšem v rovníkové oblasti dostatek [URL 17].



Obr. 15 Pohled na vodopád Salto Ángel, zdroj: wikipedia, 2005

Vodopády Iguazu (španělsky *Cataratas del Iguazú*, portugalsky *Cataratas do Iguazu*) jsou největším systémem vodopádů na světě. Leží na stejnojmenné řece v povodí Parany na hranicích mezi Brazílií a Argentinou. Skládají se z 275 vodopádů v délce cca 3 kilometry. Za sekundu jimi protéká 1 000 kubických metrů vody. Nejvyšší část se nazývá

Đáblův jícen (španělský *La Garganta del Diablo*) a je vysoká 80 metrů. Roku 1986 byla celá oblast zařazena na seznam Světového dědictví UNESCO [URL 18].



Obr. 16 Pohled na vodopády Iguaçu, zdroj: National Geographic, 2011

Severní Amerika je proslulá národními parky, a také Niagarskými vodopády. I když bylo velké množství toků narovnááno a využíváno na výrobu energie, v některých částech zůstala příroda téměř nedotčená a zachovala úžasné scenérie, které vodopády nabízejí.

Nejvyššími jsou kanadské vodopády Jamese Bruce (anglicky *James Bruce Falls* – neoficiální název). Pravděpodobně dosahují výšky 840 metrů, a skládají se ze dvou paralelních proudů. Jsou přístupné pouze lodí, nebo hydroplánem [URL 19]. Někdy je za nejvyšší vodopád Severní Ameriky mylně označován Yosemiteký, nacházející se ve známém Yosemitekém národním parku v pohoří Sierra Nevada. Skládá se ze šesti stupňů, které měří dohromady 739 metrů. Kaskádami je rozdělen na Horní a Dolní vodopád, oba v létě zcela vysychají [URL 20].

Nelze nezmínit nejnavštěvovanějšími vodopády v Severní Americe a zřejmě i na světě – Niagarské vodopády (anglicky *Niagara Falls*). Dnešní název je odvozen od původního indiánského – *Onguiaahra*, tedy „Hromový hluk“ [URL 21]. Každý rok se stávají cílem 14 až 20 milionů turistů. Vznikly před cca 12 000 lety. Skládají se ze tří částí. Americké vodopády (*American Falls*) jsou vysoké 30 až 40 metrů a široké přibližně 290 metrů. Kanadské, neboli Koňská podkova (*Canadian, Horseshoe Falls*) – nejvyšší (50 metrů) a zároveň nejširší (823 metrů) ze všech částí. Nejnižší vodopády *Bridal Veil* (volně přeloženo jako Nevěstin závoj) měří pouze 14 metrů [URL 22]. Každou sekundu proteče Niagarskými vodopády přibližně 5 900 metrů krychlových vody. V současnosti ustupují o několik centimetrů ročně a předpokládá se, že za 2 000 let začnou Americké vodopády zanikat [URL 23].



Obr. 17 Pohled na dolní část a dva horní proudy vodopádů Jamese Bruce (vlevo), Yosemitejský vodopád (vpravo), zdroje: Panoramio, 2009, Martin Písecký, 2008



Obr. 18 Pohled z ptačí perspektivy na Niagarské vodopády, zdroj: National Geographic, 2012

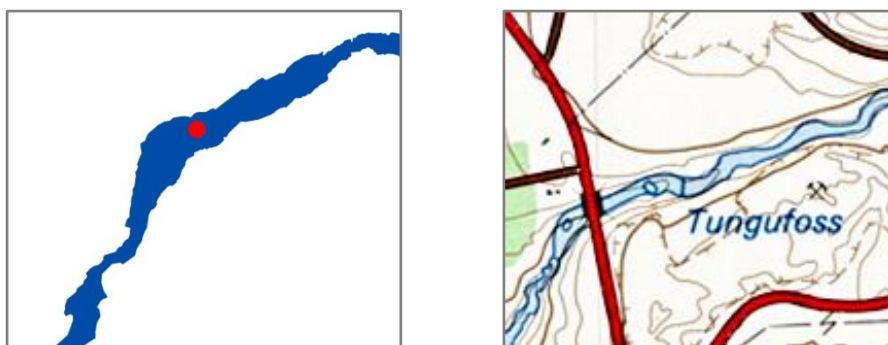
2. Vodopády v zahraničních digitálních databázích a na zahraničních mapách

V této kapitole bude postupně představeno sedm států a jejich organizace – obdoby Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, které spravují digitální databáze a mapy. Tato část vznikla pro inspiraci k další práci a přispěla ke vzniku návrhu nových symbolů pro Základní mapu 1 : 10 000 (viz kapitola 4.5.) Byla také jedním ze zdrojů pro vytvoření pravidel zobrazování vodopádů. Snahou bylo vybrat státy, které mají rozdílnou reprezentaci vodopádů, či jiná pravidla pro jejich zobrazování.

2.1. Island

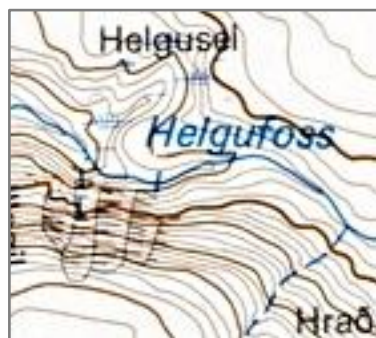
Shromažďovat, zpracovávat, uchovávat a šířit geografické informace o Islandu má za hlavní cíle agentura *Landmælingar Íslands*, česky Islandský zeměměřický úřad. Spravuje mj. digitální databázi IS 50V [URL 24].

Databáze IS 50V je nyní k dispozici ve verzi 4.0 a je rozdělena do 8 tematických vrstev, které odpovídají měřítku 1 : 50 000. Jednou z nich je i vrstva hydrologických jevů. V ní jsou znázorněny vodopády pouze pomocí bodu. Přesnější výběrová kritéria, než že vodopád musí být přírodního původu, se neuvádějí. Objekty nemají žádný povinný atribut [URL 25]. Ukázka geometrické a mapové reprezentace je na obr. 19.



Obr. 19 Bodové znázornění vodopádu, vlevo geometrická reprezentace, vpravo topografická mapa 1 : 25 000, zdroj: Landmælingar Íslands, 2013

Landmælingar Íslands vytváří topografické mapy (islandsky *Staðfræðikort*) pouze v měřítku 1 : 25 000. Vodopády jsou děleny na malé (*litlir foss*) a velké (*stór foss*). Malé se znázorňují pomocí jedné krátké čáry v barvě vodního toku. U dvoučarých vodních toků je tato čára vedena kolmo k břehovkám, protíná vodní tok a přebírá jejich barvu. Na jednočarých jsou znázorněny čarou kolmou k vodnímu toku. Velké vodopády se zobrazí pouze na dvoučarých tocích. Čára je stejná jako u malých vodopádů, jsou k ní kolmo přidány kratší čárky ve stejné barvě. Mapy bohužel nejsou k dispozici v dostatečném rozlišení, aby bylo možné tento mapový znak rozpoznat. K vodopádu se buď přidává název, nebo pouze slovo „foss“, které v islandštině značí vodopád. Ukázka mapy je na obr. 20.



Obr. 20 Znáznornění vodopádu na topografické mapě 1 : 25 000, zdroj: Landmælingar Íslands, 2013

Peřeje se v databázi IS 50V nevyskytují, na topografické mapě 1 : 25 000 se také dělí na velké (*stórar flúðir*) a malé (*litlar flúðir*). Znázorňují se jen na dvoučarých vodních tocích. Malé peřeje se značí pomocí dvou rovnoběžných čar, které vedou kolmo k břehovkám a protínají vodní tok. Velké pomocí série krátkých čárek, rovnoběžných s břehovkami. Vše v barvě břehovek. K peřejím se přidává název, pokud nějaký mají. Ukázka mapy je na obr. 21 a ukázka legendy je na obr. 22.



Obr. 21 Peřeje na topografické mapě 1 : 25 000, zdroj: Landmælingar Íslands, 2013



Obr. 22 Ukázka legendy topografické mapy 1 : 25 000, horní symbol pro velké peřeje, dolní pro malé peřeje, zdroj: Landmælingar Íslands, 2012

2.2. Kanada

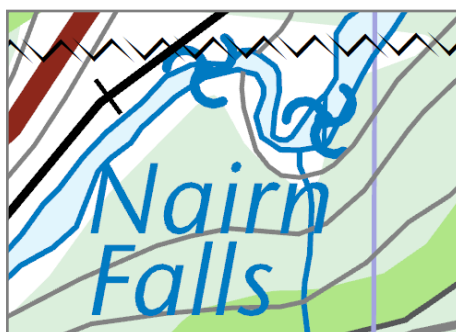
Kanadské ministerstvo přírodních zdrojů (anglicky *Department of Natural Resources*, francouzsky *Ministère des Ressources naturelles*), působící pod názvem *Natural Resources Canada* (NRCan) spravuje Národní topografickou databázi (anglicky *National Topographic Data Base - NTDB*) a digitální topografické mapy CanTopo [URL 26].

National Topographic Data Base (verze 3.1) se nyní již nevyvíjí a předpokládá se přechod k novější databázi CanVec (verze 1.1), která ovšem zatím není k dispozici pro celé území Kanady a neobsahuje kompletní data. NTDB vznikla digitalizací topografických map a následnou úpravou, odpovídá tedy měřítku 1 : 50 000 a je k dispozici v angličtině a francouzštině [URL 27]. Výběrová kritéria pro vodopády nejsou uvedena. Z ukázky na obr. 23 je patrné, že v databázi jsou reprezentovány pouze bodem a nemají žádné povinné atributy.



Obr. 23 Bodové znázornění vodopádu, vlevo geometrická reprezentace, vpravo CanTopo, zdroj: NRCan, 2012

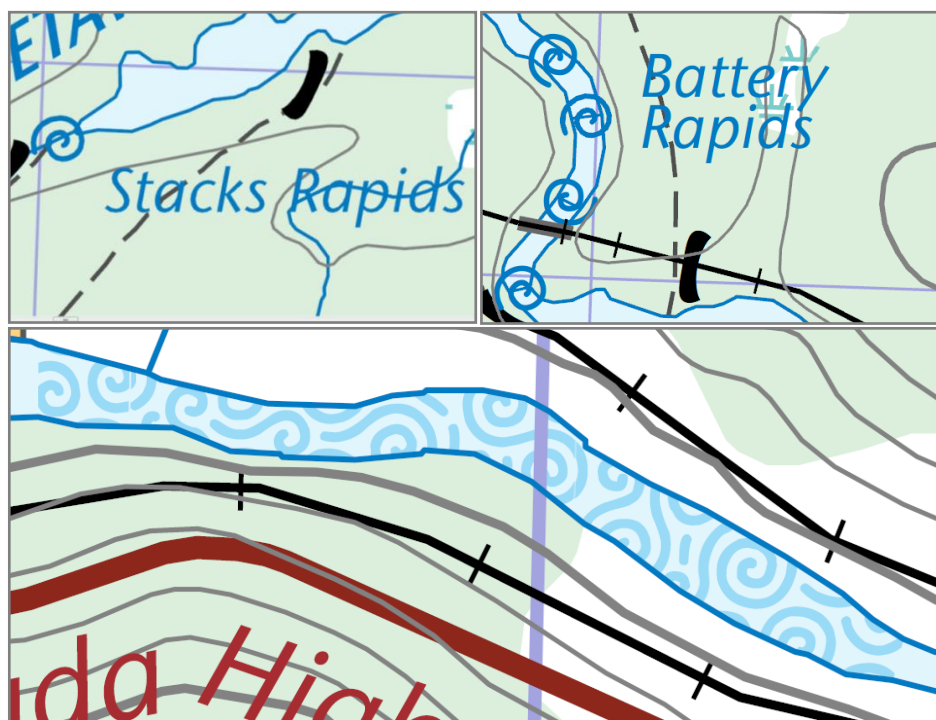
Nejpodrobnější digitální topografickou mapou Kanady je CanTopo v měřítku 1 : 50 000 [URL 28]. Vodopády jsou zobrazeny na jednočarých i dvoučarých tocích stejným způsobem. Symbol má barvu vodního toku a skládá se ze tří polokružnic, spojených na toku plným kruhem. Na dvoučarých tocích je navíc symbol protnut čarou ve stejné barvě. Ukázky lze vidět na obr. 23 a obr. 24. K vodopádům se může přidat oficiální název (v barvě vodního toku, popř. břehovek). V topografické mapě 1 : 250 000 se již vodopády nerepresentují. V online verzi jsou mapy pouze v angličtině, tištěné i ve francouzštině.



Obr. 24 Ukázka reprezentace vodopádu na dvoučarém vodním toku na CanTopo, zdroj: NRCan, 2012

Peřeje se v databázi nevyskytují. V CanTopo jsou reprezentovány na jednočarých i dvoučarých vodních tocích. Na jednočarých vodních tocích je symbol vyveden v barvě

vodního toku a jeho tvar připomíná stylizovanou vlnu. Na dvoučarých vodních tocích mají dvě různé reprezentace. Mohou být znázorněny jako na jednočarých s tím rozdílem, že kolmo k břehovkám je symbol protnut čarou ve stejné barvě, nebo pomocí spirálovitých křivek ve světle modré barvě, které vyplňují vodní tok. K peřejím se přidává pouze oficiální název v barvě symbolu. Pokud peřej žádný název nemá, nechává se bez popisu. Ukázky jsou na obr. 25.



Obr. 25 Ukázka reprezentace peřejí na CanTopo, vlevo na jednočarém, vpravo a dole na dvoučarém vodním toku, zdroj: NRCan, 2012 a 2010

2.3. Německo

Ve Spolkové republice Německo spravuje geografická data *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* (česky Federální agentura pro kartografii a geodézii). Součástí těchto dat je i úřední topograficko-kartografický informační systém *Amtlich Topographisch-Kartographisches Informationssystem* (Úřední topograficko-kartografický informační systém), zkráceně ATKIS.

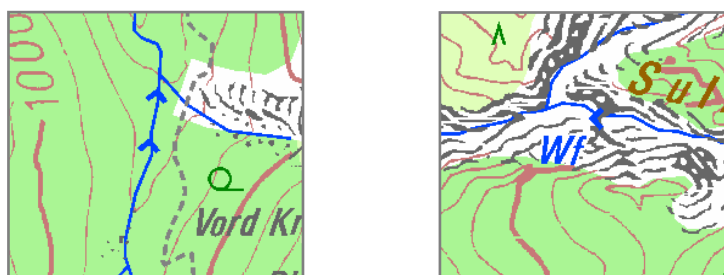
Digitálními výstupy systému ATKIS (nyní ve verzi 6.0) jsou krajinné modely (*Landschaftsmodelle*), modely terénu (*Geländemodelle*), ortofota (*Orthophotos*) a topografické mapy (*Topographische Karten*) v měřítkách 1 : 10 000 až 1 : 1 000 000 [URL 29].

Jednotlivé objekty popisuje Dokumentace k modelování geoinformací úředního zeměměřictví (GeoInfoDok), která je díky projektu Homogenizace základních geografických dat na hranicích mezi Svobodným státem Sasko a Českou republikou v češtině. Tato dokumentace popisuje vodopád jako „*vislý nebo téměř vislý spád vodního toku, který může probíhat přes jeden nebo více přírodních stupňů*“ [URL 30]. Do databáze se zahrnují všechny vodopády, které představují překážku při splavení vodního toku. Ostatní musí být vyšší než 2 metry, nebo mít plochu větší než 225 m².

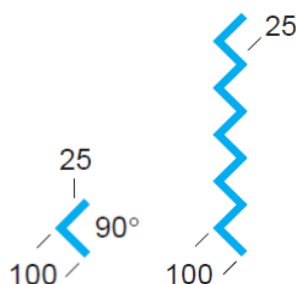
2. Vodopády v zahraničních digitálních topografických databázích a na zahraničních mapách

Vodopád je reprezentován bodově, pokud je jeho plocha menší než 225 m², výška větší než 2 m a šířka do 12 m. Linií znázorněný vodopád musí mít stejné podmínky jako bodový, jen šířka je větší než 12 m. Polygonové objekty musí mít plochu větší než 225 m² [URL 31]. Všechny objekty mají povinný atribut výšku, uváděnou v celých metrech, a jméno.

Nejpodrobnější digitální topografickou mapou je DTK10 (*Digitale Topographische Karte 1:10 000*), která je k dispozici především v „nových“ spolkových zemích. Pro „staré“ spolkové země je k dispozici DTK25 - *Digitale Topographische Karte 1:25 000*. Vodopády jsou zde reprezentovány dvěma druhy linií, které tvoří tvar šipky. Pro dvoučáře znázorněné vodní toky se používá série krátkých čar, které jsou na sebe kolmé. První a poslední čára je k hranicím polygonu natočena pod úhlem 45°. Vodopády na liniových tocích se značí pomocí dvou krátkých čar, opět k vodopádu natočených pod 45°, myšleno po směru toku. U liniové reprezentace jsou čáry čtyři, dvě na začátku vodopádu a dvě na konci. U bodové jsou pouze dvě. Všechny linie a názvy vodopádů mají barvu vodního toku. Popis vodopádu je ve formě celého názvu vodopádu, nebo pouze zkratky „Wf“ (*wasserfall*). Ukázky reprezentace jsou na obr. 26. Na digitální topografické mapě 1 : 25 000 (DTK25) se vodopády reprezentují stejným způsobem. Kartografická reprezentace vodopádů na topografické mapě 1 : 10 000 (TK10) a 1 : 25 000 je shodná s reprezentací na DTK10. Rozměry jsou na obr. 27 (zvětšeno, 1/100 mm).



Obr. 26 Ukázka reprezentace vodopádů v měřítku 1 : 10 000, zleva: liniová a bodová, zdroj: BayernAtlas, 2012



Obr. 27 Rozměry mapových znaků pro vodopády na DTK10 a DTK25, zdroj: ATKIS, 2012

Stejná reprezentace jako u DTK25 se uplatňuje i u topografické mapy 1 : 50 000 (DTK50). Zvláštností na těchto mapách je, že vodopády se nereprezentují od měřítko 1 : 100 000 a menším, výjimkou je topografická mapa 1 : 250 000, která využívá stejnou reprezentaci jako DTK25. Tato mapa se v současné době upravuje a lze tedy očekávat změny v reprezentaci. Na žádné z těchto se nezobrazuje název ani výška vodopádu.

Peřej definuje GeoInfoDok jako říční úsek s vysokou rychlostí proudění díky prudkému spádu a často i malé hloubce vody [URL 30]. Reprezentace peřejí se uplatňuje v měřítku 1 : 50 000 a větším. Na všech těchto mapách mají stejná symbol – krátké

vodorovné čárky uvnitř polygonového znázornění řek v obrysové barvě polygonu. Na liniových vodních tocích se peřeje nezobrazují. Ukázka reprezentace a rozměrů mapového znaku je na obr. 28. Rozměry zvětšeny 1/100 mm. Reálnou ukázkou mapy se nepodařilo nalézt.



Obr. 28 Zleva: ukázka reprezentace a rozměrů mapového znaku peřejí na topografické mapě 1 : 10 000, zdroj: ATKIS, 2012

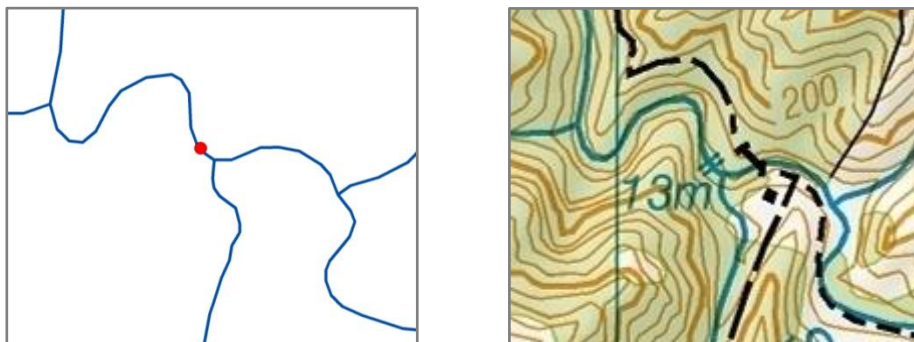
2.4. Nový Zéland

Na ostrovním státě Nový Zéland je národní mapovací agenturou *Land Information New Zealand* (LINZ), maorsky *Toitū te whenua*. Spravuje mj. digitální topografickou databázi *New Zealand Topographic Data* (NZTopo), odpovídající měřítku 1 : 50 000.

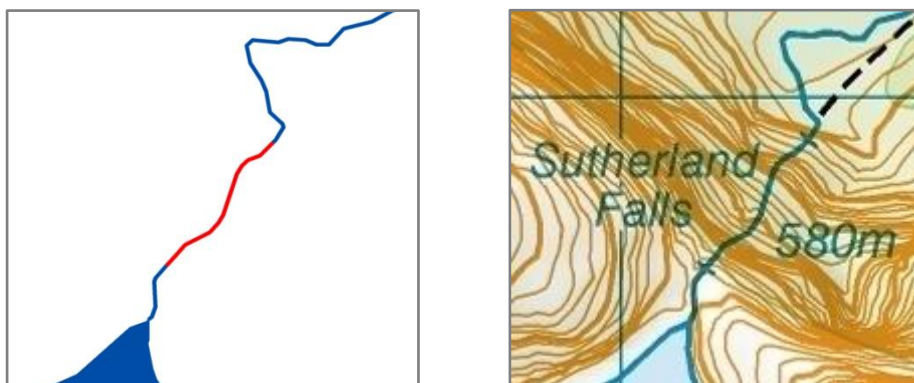
Na základě této databáze jsou tvořeny topografické mapy v měřítkách 1 : 50 000 (Topo50) a 1 : 250 000 (Topo250). Jak data ve vektorové podobě, tak mapy v rastrové podobě jsou volně ke stažení [URL 32].

K NZTopo (v současné verzi 5.0) je k dispozici podrobná dokumentace, *New Zealand Topographic Data Dictionary* [URL 33]. Podle této dokumentace je vodopád (anglicky *waterfall*) definován jako místo pádu vody přes stupeň nebo římsu v korytě toku. V databázi jsou zaznamenány pouze ty, které jsou významné svojí velikostí nebo polohou (přesnější výběrová kritéria se neuvádí). V databázi se vyskytuje celkem 1 800 těchto jevů. Reprezentují se čtyřmi typy objektů: „waterfall_pnt“ (1 747 výskytů), „waterfall_cl“ (5 výskytů), „waterfall_edge“ (47 výskytů) a „waterfall_poly“ (1 výskyt). Objekt „waterfall_pnt“ (point) je bodový a slouží k reprezentaci krátkých (ve smyslu půdorysu měřeno po proudu toku) stupňů na jednočarých (obr. 29). Objekt „waterfall_cl“ (centerline) slouží v případě, že vodopád nemá v měřítku mapy zanedbatelný půdorys (měřeno po směru toku), tj. linie je vedena po spádnicí, začíná na horní hraně vodopádu a končí na jeho úpatí (obr. 30). Takový způsob značení se používá u liniové reprezentace vodního toku. V databázi se ovšem vyskytují i řeky natolik široké, že jejich reprezentace musí být polygonová. Objekt „waterfall_edge“ slouží tedy v případě krátkých stupňů u vodních toků vyjádřených dvoučarě; reprezentovaná linie představuje v tomto případě horizontálu – horní hranu vodopádu (obr. 31). Objekt „waterfall_poly“ (polygon) se použije u dvoučarých vodních toků v případě, že vodopád nemá zanedbatelný půdorys (myšleno po směru toku). Obvodové linie polygonu tedy reprezentují horní hranu a dolní hranu vodopádu a břehy dvoučarého vodního toku (obr. 32).

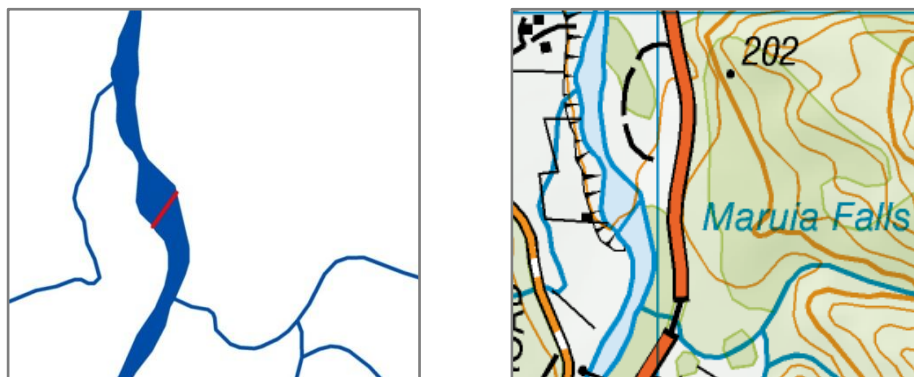
2. Vodopády v zahraničních digitálních topografických databázích a na zahraničních mapách



Obr. 29 Bodové znázornění vodopádu, vlevo geometrická reprezentace, vpravo Topo 50, zdroj: LINZ, 2012



Obr. 30 Liniové zobrazení vodopádu vlevo geometrická reprezentace, vpravo Topo 50, zdroj: LINZ, 2012



Obr. 31 Liniové zobrazení vodopádu, vlevo geometrická reprezentace, vpravo Topo 50, zdroj: LINZ, 2012



Obr. 32 Polygonové znázornění vodopádu, vlevo Topo 50, vpravo geometrie z ArcGIS, zdroj: LINZ, 2012

2. Vodopády v zahraničních digitálních topografických databázích a na zahraničních mapách

Všechny objekty mají stejné nepovinné atributy: „name“ pro jméno vodopádu (v podobě se znaky národní abecedy a v ascií podobě) a „height“ pro jeho výšku (v metrech, udávána zaokrouhlená na celé metry).

V kartografické reprezentaci mapy 1 : 50 000 jsou bodově vyjádřené vodopády reprezentovány dvojicí rovnoběžných čar, kolmých na směr vodního toku. Mezi čarami není tok přerušen. Liniemi vyjádřený vodopád jako střednice u jednočarých toků má kolmou linii na začátku a konci. Všechny linie mají barvu vodstva. U každého vodopádu je uvedena kurzívou v barvě vodstva buď výška (např. 45 m), nebo název, případně obojí (v tom případě je výška na samostatném řádku). Přesné rozměry jsou na obr. 33.



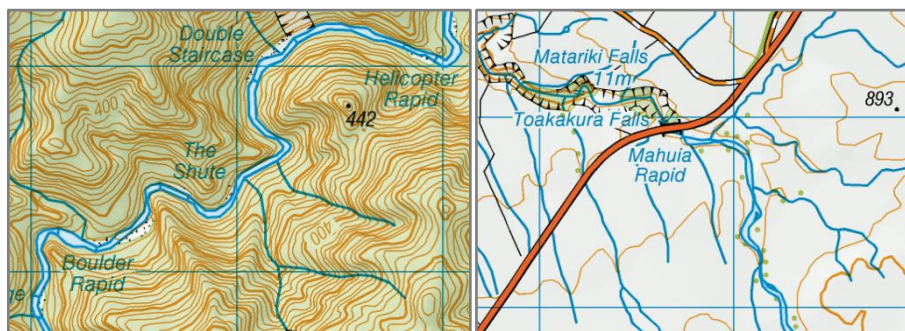
Obr. 33 Přesné rozměry mapových znaků pro vodopády v databázi NZTopo. Zleva symbolizace bodové, liniové (centerline, edge) a polygonové vrstvy, zdroj: LINZ, 2012

Kartografická reprezentace vodopádů se uplatňuje také na topografických mapách v měřítku 1 : 250 000 (Topo250). Bodově, liniově a polygonově vyjádřené vodopády se zobrazí pomocí dvou rovnoběžných čar, kolmých na směr toku. Mezi čarami je tok přerušen. Všechny linie mají barvu vodstva a neuvádí se zde název vodopádu, ani jeho výška. Názorná ukázka je na obr. 34. V menším měřítku než 1 : 250 000 se již vodopády nerepresentují.

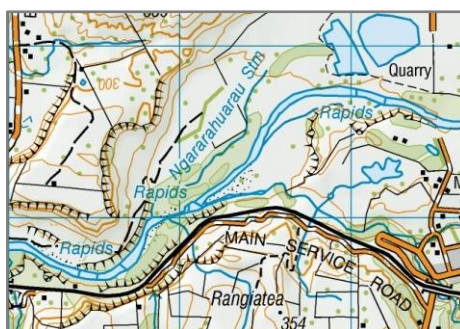


Obr. 34 Vodopád na mapě Topo250, zdroj: LINZ, 2012

V databázi NZTopo jsou rovněž jako samostatný typ objektů reprezentovány peřeje, anglicky *rapids*. Podle dokumentace k *New Zealand Topographic Data Dictionary* [URL 33] jsou peřeje definovány jako oblast rychle proudící vody ve vodním toku se zvětšujícím se sklonem, který není natolik významný, aby došlo ke vzniku vodopádu, nebo kaskády. Peřeje je v databázi také mnohem méně než vodopádů – pouze 175. Jsou reprezentovány dvěma typy objektů: „rapid_cl“ (centerline – 5 výskytů) a „rapid_poly“ (170 výskytů). Přesnější kritérium, než že polygonová reprezentace se používá pro dostatečně rozsáhlé objekty a liniová pro ostatní, se neuvádí. U každé peřeje je v barvě vodstva uveden název (obr. 35). V případě, že jsou bezejmenné, uvádí se pouze slovo „Rapids“ (viz. obr. 36). V kartografické reprezentaci mapy 1 : 50 000 mají stejnou značku jako liniemi vyjádřený vodopád, rozlišují se pouze díky popisem.



Obr. 35 Peřeje v NZTopo, vlevo polygonová reprezentace, vpravo liniová, zdroj: LINZ, 2012

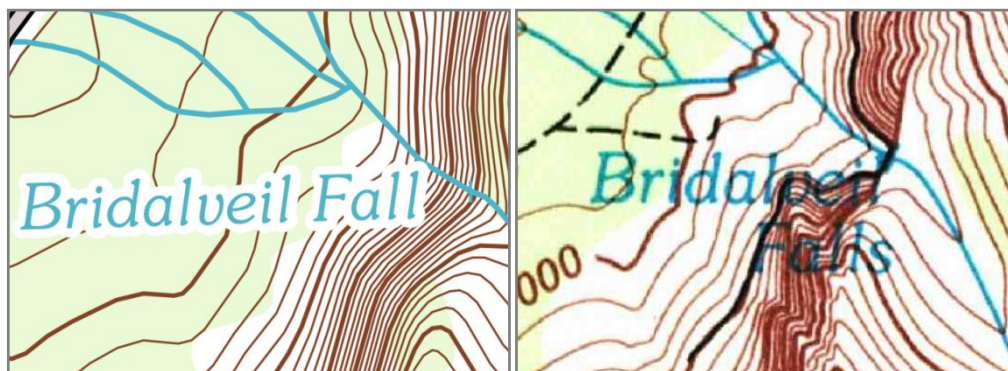


Obr. 36 Peřeje v NZTopo, zdroj: LINZ, 2012

2.5. Spojené státy americké

Digitální topografické mapy vydává *United States Geological Survey* (USGS), neboli Geologická služba Spojených států. Patří k jedné ze struktur Ministerstva vnitra [URL 34]. Tato služba zřídila digitální databázi *The National Digital Cartographic Data Base* (NDCDB – česky Národní digitální kartografická databáze). Tato data slouží výhradně pro potřeby tvorby digitálních map [URL 35]. Nejpodrobnější digitální topografickou mapou USA je US Topo v měřítku 1 : 24 000 [URL 36]. Pro určité části USA (Aljaška) jsou k dispozici mapy pouze v měřítku 1 : 63 360. Důvodem jsou rozlehlé plochy s řídkým osídlením. V těchto mapách se vodopády nereprezentují [URL 35]. Od roku 2012 probíhá postupná aktualizace původní verze (tzv. *Digital Maps – Beta*), která by měla být dokončena v průběhu roku 2014 [URL 37]. Tato verze neobsahovala některé důležité vrstvy, včetně hydrografie, proto musí být postupně nahrazována [URL 38]. Jak je patrné z ukázek na obr. 37 a obr. 38, vodopády jsou reprezentovány na jednočarých a dvoučarých vodních tocích. Jako symbol se používají čáry v barvě břehovek, popř. vodního toku. U jednočarých je čára vedena kolmo k vodnímu toku, který nepřerušuje. U dvoučarých se používají dvě čáry kolmé k břehovkám. K symbolům se přidávají celé názvy vodopádů, nebo pouze slovo „*Fall*“ (vodopád), opět v barvě odpovídající vodnímu toku.

2. Vodopády v zahraničních digitálních topografických databázích a na zahraničních mapách

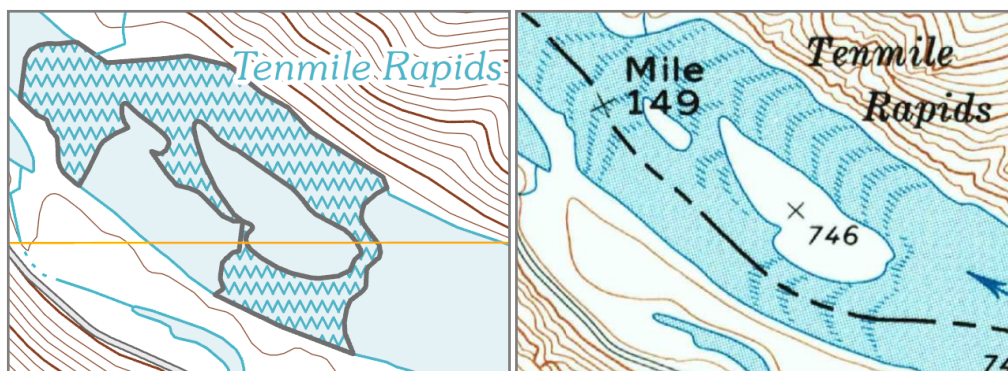


Obr. 37 Ukázka reprezentace vodopádů na US Topo 1 : 24 000, vlevo digitální mapa, vpravo analogová, zdroj: USGS, 2012 a 1997



Obr. 38 Ukázka reprezentace vodopádů na US Topo 1 : 24 000, vlevo digitální mapa, vpravo analogová, zdroj: USGS, 2012 a 1986

Peřeje se na topografických mapách US Topo zobrazují na jednočarých i dvoučarých vodních tocích. Na jednočarých se reprezentují pomocí dvou navzájem rovnoběžných čar, které jsou kolmé k vodnímu toku. U dvoučarých vodních toků se reprezentují stejně jako vodopády, ale přidává se označení „Rapids“. Plošně rozsáhlé peřeje se značí sérií krátkých čar, které mezi sebou svírají úhel 45° a tvoří rovnoběžné pásy, ohraničené plnou šedou čarou. Pokud mají peřeje oficiální název, přidává se k symbolu v barvě vodního toku.



Obr. 39 Ukázka reprezentace peřejí na US Topo, vlevo digitální mapa, vpravo analogová, zdroj: USGS, 2013 a 1995

2.6. Švýcarsko

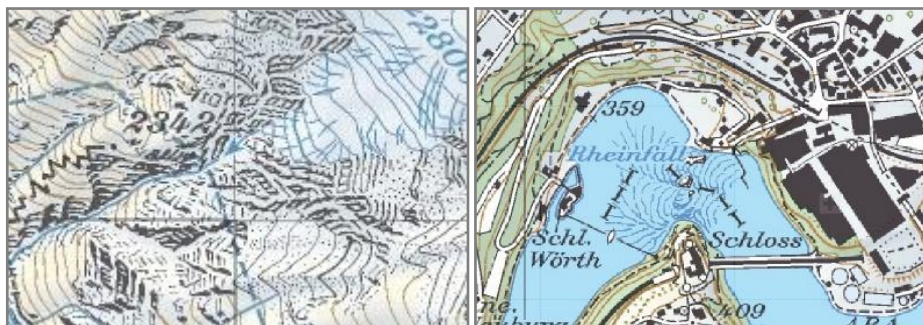
Bundesamt für Landestopografie (zkráceně *swisstopo*), česky Národní topografický úřad je hlavní správce švýcarských geografických dat. Jeho úkolem je, mimo jiné, vytváření velkoměřítkového topografického modelu území (*swissTLM3D*), který bude sloužit jako podklad pro tvorbu topografických map v měřítcích 1 : 25 000, 50 000 a 100 000.

SwissTLM3D (verze 1.1) by měl v roce 2013 kompletně nahradit starší model *VECTOR25* [URL 39]. Je k dispozici pro celé Švýcarsko a Lichtenštejnsko. Reprezentace vodopádů se uskutečňuje pouze pomocí bodů a to i přes jejich poměrně významné výšky a průtoky (ve světovém měřítku), které by napovídaly využití také linií, nebo polygonů. Data neobsahují žádné povinné atributy.

Základní topografickou mapou Švýcarska je *Landeskarte* 1 : 25 000. Symbolem vodopádu je zde plný trojúhelník, v barvě vodního toku, na který z jedné strany navazuje a z druhé ho přerušuje (myšleno po směru toku). Ukázka je na obr. 40. Název ani výška se nepřidávají. Stejnou reprezentaci mají vodopády i na topografických mapách 1 : 50 000 a 1 : 100 000. V menším měřítku se již nezobrazují. Specifické znázornění má vodopád *Rheinfall*, zřejmě z důvodu výskytu v intravilánu a na dvoučarém vodním toku. Ukázky mapy jsou na obr. 41. Peřeje se na švýcarských topografických mapách nezobrazují.



Obr. 40 Ukázka kartografické reprezentace vodopádů na *Landeskarte* 1 : 25 000, zdroj: *swisstopo*



Obr. 41 Bodové znázornění vodopádů v *Landeskarte*, vlevo 1 : 25 000, vpravo 1 : 10 000, zdroj: *swisstopo*

2.7. Velká Británie

Úlohu národní mapovací agentury zastává ve Velké Británii agentura *Ordnance Survey*. Vytváří a spravuje databázi *OS MasterMap*, která obsahuje celkem 5 tematických vrstev. Pro naše účely je důležitá především *Topography Layer*. Během roku 2013 by měla být uvedena *Water Layer*, která bude obsahovat podrobná data týkající se všech vodních objektů [URL 40].

Topography Layer odpovídá měřítku od 1 : 1 250 do 1 : 10 000. Vodopád je zde popisován jako náhlé přerušení vodního toku, které má za následek prudký pád vody. Do databáze jsou zaneseny pouze ty, které jsou přírodního původu. Pokud jsou delší než 2 metry, od vrcholu útesu k jeho spodní části, reprezentují se pomocí linie, nebo polygonu. Ostatní pouze pomocí linie. Každý objekt má povinný atribut název [URL 41].

2. Vodopády v zahraničních digitálních topografických databázích a na zahraničních mapách

Nejpodrobnější britskou topografickou mapou je mapa v měřítku 1 : 10 000. Vodopády jsou na všech vodních tocích reprezentovány pomocí krátké černé čáry, která vede kolmo přes tok. Připojuje se buď celý název vodopádu, nebo jen slovo „Waterfall“, oboje v barvě vodního toku (viz obr. 42).



Obr. 42 Ukázka kartografické reprezentace vodopádů na mapě 1 : 25 000, zdroj: Ordnance Survey

Peřeje jsou definovány jako část vodního toku, kde voda ubíhá velmi rychle a většinou přes kameny [URL 41]. Reprezentace je stejně jako u vodopádů polygonová, nebo liniová. V databázi se objevují pouze peřeje vytvořené přírodně. Na topografických mapách se k místu, kde se vyskytují peřeje, přidává pouze označení slovem „Rapids“ (viz obr. 43), v barvě vodního toku.

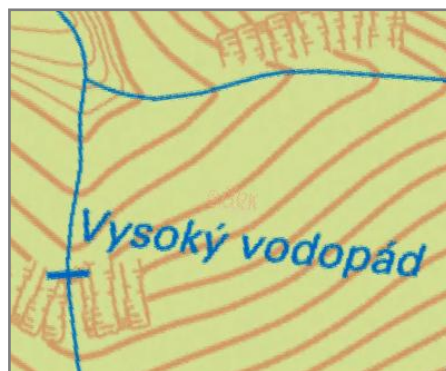
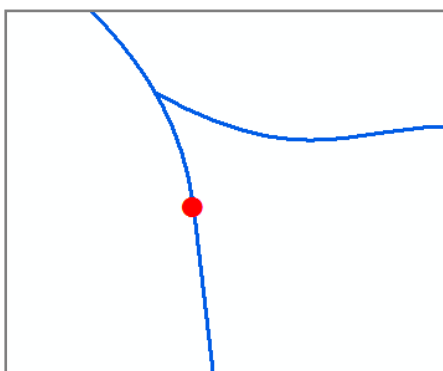


Obr. 43 Ukázka reprezentace peřejí na topografické mapě 1 : 10 000, zdroj: Ordnance Survey

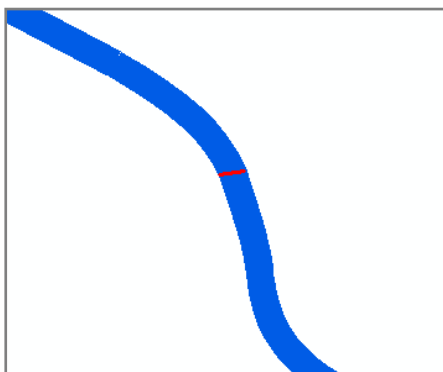
3. Vodopády v české topografické databázi a na mapách středních měřítek

Český úřad zeměměřický a katastrální je orgánem státní správy České republiky a náplní jeho práce je mj. spravovat Základní bázi geografických dat, zkráceně ZABAGED. Je také zodpovědný za vydávání a správu státních mapových děl.

ZABAGED je digitální geografický model území České republiky. Vychází ze Základní mapy České republiky v měřítku 1 : 10 000. Obsah je tvořen 109 typy geografických objektů. Obsahuje mimo jiné také údaje o vodstvu. Vodopád definuje jako „svislý nebo příkrý stupeň (skalní stěna) v říčním korytě, přes který přepadává vodní tok“ [URL 42]. Přesná výběrová kritéria se neuvádí. Vodopády jsou zde reprezentovány jako body a linie. Bodem jsou reprezentovány vodopády na jednočarých vodních tocích, linií na dvoučarých. Ukázky jsou na obr. 44 a obr. 45.



Obr. 44 Bodová reprezentace vodopádů, vlevo ZABAGED, vpravo ZM 10, zdroj: ČÚZK



Obr. 45 Liniová reprezentace vodopádů, vlevo ZABAGED, vpravo ZM 10, zdroj: ČÚZK

ZM 10 je nejpodrobnější základní mapou středního měřítká. Od roku 2001 se vyhotovuje digitální technologií z dat ZABAGED a databáze geografických jmen Geonames. Vodopády jsou zde reprezentovány na jednočarých i dvoučarých vodních tocích. Na jednočarých pomocí bodu, reprezentovaného čárkou kolmou na vodní tok. Ukázka je na obr. 44. Na dvoučarých vodních tocích jsou reprezentovány pomocí čáry kolmé k břehovkám, která protíná vodní tok, ale nepřerušuje jej. K této čáře jsou přidány kratší kolmé čárky po směru vodního toku, střídavé délky. Ukázka je na obr. 45. Barvy všech symbolů jsou v barvě vodního toku, popř. břehovek. Pokud se přidává název, je také v barvě vodního toku (břehovek). U některých bodových objektů byla na ZM 10 objevena chyba. Původní bodové znázornění vodopádů bylo zaměněno za liniové. Tato chyba

pochází již ze ZABAGED. Ukázka je na obr. 46. ČÚZK vydává také Základní mapu v měřítku 1 : 25 000 (ZM 25). Vodopády jsou zde reprezentovány totožným způsobem. Na Základní mapě v měřítku 1 : 50 000 a menším se již nezobrazují.



Obr. 46 Ukázka chybné reprezentace vodopádu na ZM 10, zdroj: ČÚZK

V úvodu, konkrétně v kapitole 1.2., byly podrobně rozebrány příbuzné jevy vodopádů. Jedním z nich byly přeje. Ze zahraničních databází bylo zjištěno, že jsou velmi často uváděny jako samostatný objekt, na rozdíl od ostatních jevů. V současné verzi databáze ZABAGED ani na ZM 10 nejsou přeje zobrazovány.

4. Metodika

Jedním z cílů této práce bylo vytvořit návrh zpřesnění databáze ZABAGED. Současná verze obsahuje pouze cca třetinu všech dosud známých vodopádů, snahou bylo doplnit chybějící objekty a doplnit informace o nich např. tím, že se přidá povinný atribut výška – podle směrnic INSPIRE Hydrography [URL 3]. Z průzkumu českých a zahraničních mapových zdrojů bylo zjištěno, že kartografická reprezentace vodopádů není zcela vyhovující, byl proto vytvořen návrh pro vylepšenou reprezentaci vodopádů v měřítku 1 : 10 000. V následujících kapitolách bude mj. postupně popsáno, jakými způsoby je možné zjišťovat hlavní údaje o vodopádech – polohu a výšku, z jakých zdrojů bylo čerpáno a jak by mohla vypadat nová databáze.

4.1. Zdroje dat

O českých vodopádech zatím existuje pouze jedna ucelená publikace – Nejkrásnější vodopády České republiky od Martina Janošky. Obsahuje celkem 120 vodopádů. Kromě slovního popisu vodopádu a okolí uvádí informace o geomorfologické příslušnosti, povodí, názvu toku, morfologickém a genetickém typu, geologickém podloží, celkové výšce a popř. výšce jednotlivých stupňů. Neuvádí přesnou polohu a také informace o výšce mohou být značně zkreslené, protože není jasné, z jakých zdrojů autor čerpal. Ke každému vodopádu je přiřazena fotografie, která pomáhá při identifikaci v terénu. Bohužel byla tato publikace schopna pojmut pouze polovinu dosud známých vodopádů.

Naopak internetová stránka Václava Hrdonky obsahuje přehlednou databázi většiny dosud známých vodopádů, která se průběžně aktualizuje a doplňuje [URL 43]. Většina vodopádů má přiřazenou fotografii. Ke každému je uváděna poloha s přesností na vteřiny v systému WGS-84 (World Geodetic System 1984), výška s přesností na desetiny metrů. Poloha a výška pochází z neznámých zdrojů, není zcela jasné, s jakou přesností byly zaměřeny. V terénu bylo zjištěno, že poloha vodopádů může mít odchylku proti skutečnému stavu o desítky metrů. Užitečným doplňkem jsou slovní popisy nejen vodopádů, ale i okolí, popř. nejlepších přístupových cest.

Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK) poskytl zdarma pro tuto práci data, která obsahovala vrstvy „Vodopad“ (linie) a „Vodopad_b“ (bod) ve formátu shapefile. Tyto vrstvy byly využívány pro porovnání polohy vodopádů z nově vzniklé tabulky vlastních dat o vodopádech. Z katalogu objektů je patrné, že původním zdrojem geometrických dat byla Základní mapa 1 : 10 000, dále letecké měřické snímky, ortofoto a šetření v terénu [URL 42]. Předpokládáme, že souřadnice polohy objektů zjištěné šetřením v terénu budou věrohodné. Bohužel není jisté, které vodopády byly změřeny a které převzaty ze ZM 10, nebo odečteny z leteckých snímků a ortofota. Při tvorbě byl dále využíván geoportál a WMS služby ČÚZK (Základní mapa 1 : 10 000, ZABAGED, ortofoto, Geonames). Hlavní nevýhodou geoportálu byly jeho občasné výpadky, které velmi ztěžovaly práci. Využití ortofota bylo limitováno na objekty, které se nenacházejí v zalesněném terénu, či nad něj vystupují.

Pro snazší vytvoření návrhů symbolů pro vodopády a peřeje byly využity data Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD), přesněji vrstva A02 – vodní tok (jemné úseky). Tato vrstva byla využita pro natočení bodového znaku podle vodních toků.

Správa Krkonošského národního parku (KRNP) poskytla data leteckého laserového skenování (LIDAR) - hustota 5 bodů / m², pořízena společností Geodis pro Správu KRNP mezi 24. 7. a 18. 8. 2012. Byla využita k popsání jednoho ze způsobů měření výšky.

Pokrývala prostor 5 km². Jejich prohlížení a vizuální interpretace probíhala v prostředí programu FugroViewer.

Jedním ze zdrojů byl také internet, speciálně dvě internetové stránky, kromě již zmíněné databáze vodopádů. Na internetové stránce vodáckého klubu (vodaci-qak.borec.cz) byly nalezeny případy rybníků, které lze označit za vodopády a které se nenacházejí v žádných výše zmíněných zdrojích. Jejich výška je pouze orientační. Přesná poloha se zde neuvádí. Tato stránka také sloužila jako jeden z hlavních zdrojů pro vyhledávání peřejí na českých vodních tocích. Dalším zdrojem byl internetový portál www.mapy.cz. Společnost mapy.cz má na turistických mapách vykresleno celkem 117 vodopádů. Data jsou dle dostupných informací ověřována v terénu, dá se předpokládat, že jejich přesnost bude vysoká. Dále byly využívány informace z internetové stránky České geologické služby (www.geology.cz), která obsahuje velmi přehledné a obsáhlé popisy objektů. Výška je zde u většiny vodopádu udávána s přesností na desetinu metru. K dispozici nejsou přesné souřadnice polohy, pouze turistická mapa s vyznačeným okolím vodopádu. K poloze existuje pouze slovní popis. V menší míře byla využívána data z Wikipedie. Bylo snahou z tohoto zdroje čerpat co nejméně. Neověřitelnými internetovými zdroji, které obsahují polohové souřadnice vodopádů, byly internetové stránky www.kudykam.com a www.zajimavamista.cz. Jejich využívání bylo omezeno na minimum.

Zdroji doplňujícími regionální informace o jednotlivých vodopádech byly články v seriálu Vodopády Krkonoš časopisu Krkonoše – Jizerské hory, jejichž autorem je Vlastimil Pilous. Obsahují podrobné popisy jednotlivých vodopádů, včetně jejich výšky, šířky a sklonu. Tyto články neodkazují na jiné zdroje, dá se tedy předpokládat, že uváděné parametry vodopádů změřil autor osobně. Údaje o přesné poloze zcela chybí, popsána je pouze slovně.

Sběr dat se neobešel bez terénního šetření. V této práci byla poloha vodopádů měřena pomocí GPS přístroje společnosti Garmin – GPSmap 62s. Je primárně určen pro rekreační a vysokohorskou turistiku a geocaching. Extrémní citlivost přijímače je vhodná pro použití v místech s minimálním výhledem na oblohu. Přesnost určení polohy se pohybuje mezi 7 a 10 metry, popř. méně [URL 44]. Výška byla měřena pásmem. Pokud tvar vodopádu (či jiné okolnosti) tento způsob neumožnil, přistoupilo se k základnímu způsobu – odhadu podle výšky člověka. Z časových důvodů nebylo možné zaměřit všechny objekty, které se v České republice nachází.

4.2. Měření polohy

Přesné měření polohy znesnadňuje fakt, že vodopády se velmi často vyskytují v zalesněném a špatně přístupném terénu, který brání průchodu signálu k GPS přístroji – v dnešní době nejvyužívanějšího přístroje k získání polohy.

Pro velmi přesné měření polohy by bylo nutné využít GPS přístroje určené ke geodetickým měřením. Vodopády se však velmi často vyskytují ve špatně přístupném terénu. Z toho důvodu se používají spíše turistické GPS, které mají nižší hmotnost, a snadněji se s nimi manipuluje. Postup měření je velmi jednoduchý. V ideálním případě měřič stojí přímo na hraně vodopádu přibližně půl hodiny (záleží na typu přístroje), aby měl GPS přístroj možnost přijmout signály z různých družic. Čím více družic bude v době měření viditelných, tím přesněji bude poloha vypočítána. Pokud se měřič z nějakého důvodu nemůže dostat přímo na hranu vodopádu, lze změřit polohu na pomyslné kolmici a v post-processingu odečíst souřadnice na vodním toku. Nevýhodou je kromě menší přesnosti také nutnost setrvat na místě delší dobu.

4.3. Měření výšky

Měření výšky vodopádu je překvapivě komplikované. Základní a nejtěžší otázkou je určit, kde přesně vodopád začíná a kde končí. Nástupní hrana bývá pozvolná a pata vodopádu je ukryta pod masou vody. Václav Hrdonka za horní hranici stanovil místo, kde vodopád překonává sklon 45°. Pokud je vodopád složen z více částí (stupňů), musí mít všechny dohromady od nejnižší paty k nejvyšší hraně sklon větší než 45°, jinak se nejedná o jeden vodopád, ale o několik menších [URL 4]. Toto pravidlo ovšem potřebuje úpravu. Splývací vodopády mohou mít sklon 20°. Za nástupní hranu bude tedy považováno místo, kde vodopád překonává sklon 20°. Stejná úprava pravidla bude použita i pro případ, kdy se vodopád skládá z více stupňů.

K základnímu měření výšky je potřeba pouze fotoaparát a dvě osoby. První osoba se postaví co nejblíže vodopádu a druhá nejlépe kolmo tak, aby mohla vyfotit celý vodopád. Na fotografii se poté porovná výška osoby s vodopádem a získá se přibližná celková výška. Tímto způsobem lze zjišťovat výšku jen u svislých vodopádů. Tato metoda je nejrychlejší, ale také nejméně přesná. Vyplatí se pouze tehdy, je-li vodopád vyšší než dotyčná osoba, je k němu bezproblémový přístup a stačí, že ve výsledku bude znám pouze odhad výšky. Ukázka provedení je na obr. 47. Pro nižší vodopády (např. kolem 2 metrů) postačí změřit výšku pásmem.



Obr. 47 Odhad výšky vodopádu pomocí objektu (osoby), zdroj: Johnny T. Cheng, world-of-waterfalls.com

Málo přesnou metodou je využití gravitace. Princip je jednoduchý: z nástupní hrany vodopádu se spustí těleso, které za čas – t překoná volným pádem výšku – h . Čas se změří např. stopkami a výška vodopádu se následně vypočítá ze vzorce:

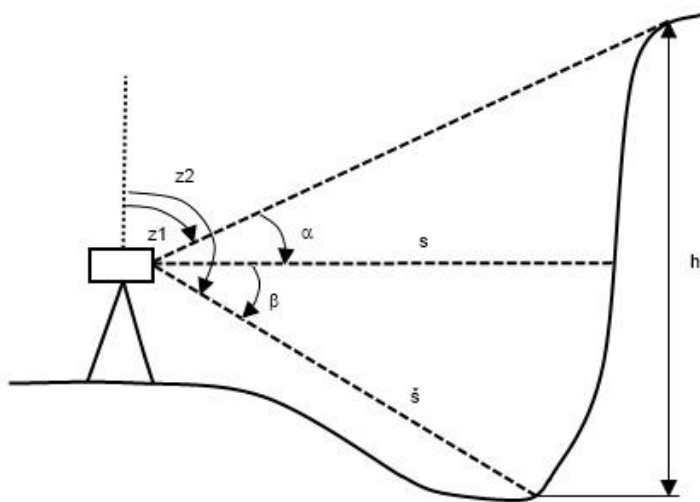
$$h = \frac{g * t^2}{2}$$

Veličina g , která vstupuje do vzorce, značí tíhové zrychlení. Není na celé Zemi stejné, proměřuje se gravimetry. V České republice se měří na absolutním tíhovém bodě Pecný a pohybuje se kolem hodnoty $9,81 \text{ m} * \text{s}^{-2}$ [URL 45]. Měření času padajícího tělesa není natolik přesné, aby se projevily odchylky tíhového zrychlení. Stačí tedy do vzorce zasadit zaokrouhlenou hodnotu $10 \text{ m} * \text{s}^{-2}$, popř. $9,8 \text{ m} * \text{s}^{-2}$. Hlavní nevýhodou metody je nebezpečí poranění osoby stojící pod vodopádem. Přesnost je závislá na přesnosti, s jakou se změří čas padání tělesa. Tato hodnota může být velmi zaokrouhlená, zvláště pokud je

vodopád nízký. Metoda se nedá využít, pokud má vodopád malý sklon a nezaručí se tak volný pád [URL 46].

Velmi podobná (přesnější) metoda je spuštění menšího tělesa na provaze (např. olovnice) z nástupní hrany vodopádu k patě vodopádu. Délka provazu reprezentuje výšku vodopádu. Nevýhodou této metody je nebezpečí zranění měřiče. Je také nepřesná, zvláště pokud není vodopád kolmý. Nedá se použít při velkém průtoku a také u velmi vysokých vodopádů [URL 46].

Pro přesnější měření výšky vodopádů se využívají měřicí přístroje, které disponují svislým kruhem pro měření zenitových úhlů. Takovým přístrojem může být optický teodolit, či totální stanice (elektronický teodolit). Výška se měří nepřímou, musí se vypočítat z jiných naměřených hodnot. Ty se liší podle druhu přístroje, obecně se ale měří zenitové (popř. svislé) úhly a šikmé vzdálenosti. Situace je nastíněna na obr. 48. Nástupní hrana a pata vodopádu musí být vidět. Tato metoda je vhodná i pro měření vyšších vodopádů, či v zalesněném terénu. Její přesnost je závislá na typu měřicího přístroje, povětrnostních podmínkách a přesnosti měřiče. Na podobném principu měří výšku i laserový dálkoměr, místo svislého kruhu ale disponuje sklonoměrem.



Obr. 48 Schéma měření výšky vodopádu pomocí teodolitu

Postup výpočtu bude následující:

$$\beta = 100^g(90^\circ) - z_2$$

$$s = \cos \beta * \tilde{s}$$

Takto se převede naměřená šikmá vzdálenost na vodorovnou, která rozdělí hledanou výšku h na h_1 a h_2 . Je možné také zasadit do výpočtu místo zenitových úhlů svislé (α a β).

$$h_1 = \cot z_1 * s$$

$$h_2 = \tan \beta * s$$

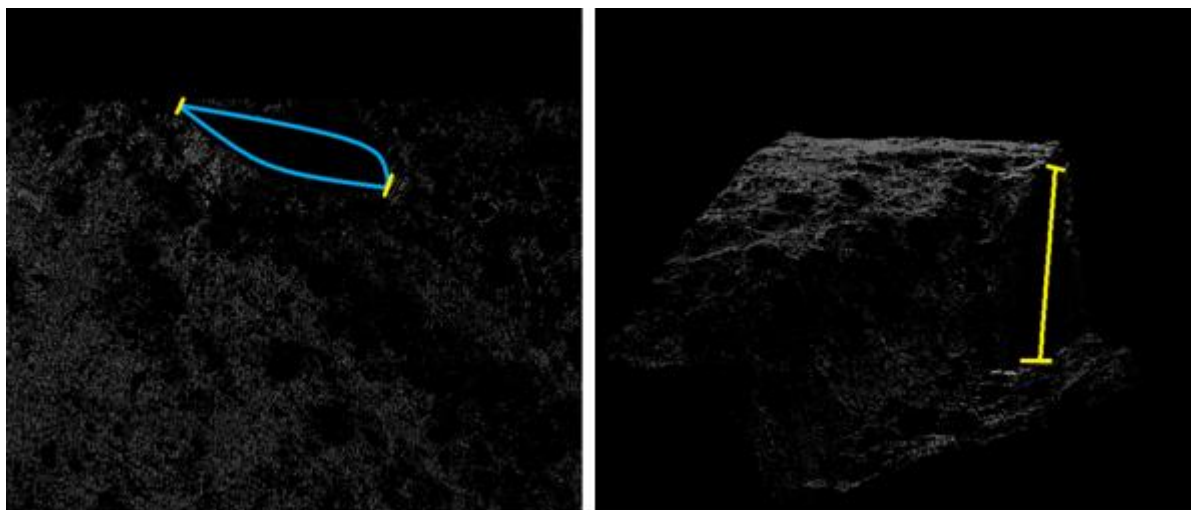
$$h = h_1 + h_2$$

Při měření výšky vodopádů je možné využít také dat leteckého laserového skenování. Výpočetní metody jsou jednoduché. Metoda je vhodná pro určování výšky vodopádů s menším sklonem. U svislých vodopádů ji lze použít, pokud se vodopád nenachází v úzké zalesněné rokli. Svazky paprsků neproniknou přes vegetaci a ode dna rokle se špatně

odrážejí, působí totiž jako zrcadlo. Z ukázek je patrné, že paprsky jsou pohlcovány vodou. Místo, na kterém se vyskytuje, zůstává prázdné. Tuto vlastnost lze využít při identifikaci výraznějších vodopádů, popř. se dá vyřešit skenováním v zeleném pásmu. Jako ukázky využití dat leteckého laserového skenování byly vybrány tři krkonošské vodopády. Pro možnost budoucí kontroly jsou v závorkách uváděny jejich přesné polohy v souřadnicích UTM, zóna 33 N.

Na obr. 49 je v prostředí programu FugroViewer zobrazeno bodové mračno dat leteckého laserového skenování. Vlevo je modře naznačen tvar vodopádového proudu, vpravo žlutou čarou délka Labského vodopádu ($E=538675.32$, $N=5624499.25$). Pro lepší orientaci byl přiložen obr. 50, který obsahuje výstup z leteckého snímkování okolí Labského vodopádu a ukazuje situaci v terénu.

Data leteckého laserového skenování jsou využitelná také pro místa na ortofotu zakrytá stínem. Takovým místem je například okolí Hančova vodopádu ($E=538604.31$, $N=5623211.85$) – Hančův ručej zde vodopádem padá do rokle. Pro větší přehlednost byl z dat vytvořen model TIN (obr. 51). Modrá barva opět naznačuje tvar vodopádu, žlutá pak jeho délku. Na obr. 52 je jasně patrný stín, který zakrývá pohled na Hančův vodopád a znemožňuje jeho identifikaci na ortofotu.



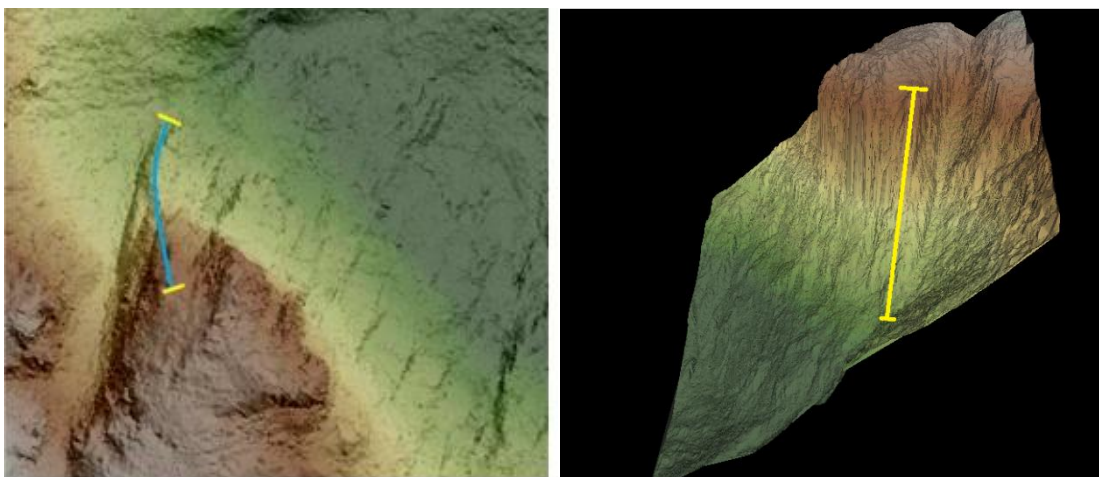
Obr. 49 Model okolí Labského vodopádu, vpravo 3D zobrazení, zdroj: KRNAP



Obr. 50 Labský vodopád na ortofotu, zdroj: ČÚZK

Paprsky laseru by neměly proniknout vegetací. Většina vodopádů se bohužel nachází v zalesněném terénu, jejich výška tedy nemůže být změřena pomocí dat leteckého laserového skenování a musí být nahrazena jiným způsobem. Přesto byl objeven vodopád zakrytý vegetací, který je díky datům leteckého laserového skenování dobře patrný – Soví vodopád (E=555791.94, N=5621002.15) leží v zalesněném terénu a na orotofotu ho nelze identifikovat. Na obr. 53 je na modelu TIN vyznačena výrazná nerovnost tvarem a poté i změřenou výškou odpovídající vodopádu. Na obr. 54 je naznačen pouhý odhad polohy vodopádu.

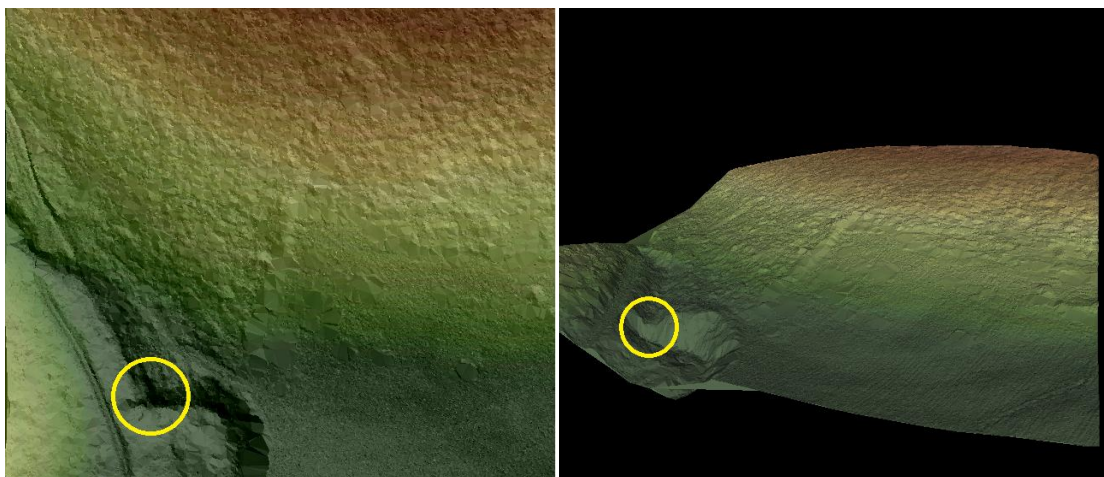
Výšku z dat KRMAP bylo možné odečíst s přesností na dvě desetinná místa. Heritage a Large (2009) ve své publikaci uvádějí jako výškovou přesnost dat LIDAR hodnotu kolem 15 centimetrů. Je to tedy nejpřesnější metoda ze všech uvedených v této kapitole. Její nevýhodou je časová náročnost a s ní spojené náklady. V této práci byly zkušebně změřeny výšky tří vodopádů (Labský, Hančův, Soví) a porovnány s dosud známými údaji. U všech byly známy pouze souřadnice nástupní hrany vodopádu, pata vodopádu se tedy musela odhadnout. Labský vodopád byl snadno identifikovatelný v celé délce a jeho výška byla určena jako 32,93 metrů, Pilous (2009b) udává výšku 34,5 metrů. Rozdíl není nijak výrazný. Určení přesné výšky Hančova vodopádu bylo těžší – na digitálním modelu reliéfu nebyl tak dobře patrný. Výška byla určena jako 76,48 metrů, v ostatních zdrojích se přesná výška neuvádí, Pilous (2009d) ji odhaduje na 75 metrů. Rozdíl opět není velký. Výška Sovího vodopádu byla z dat leteckého laserového skenování určena na 3,92 metru. Pilous (2011) ve svém článku uvádí proměnlivou výšku, 4,1 – 4,3 metru.



Obr. 51 Model okolí Hančova vodopádu), vpravo 3D, zdroj: KRMAP



Obr. 52 Hančův vodopád na ortofotu, zdroj: ČÚZK



Obr. 53 Model okolí Sovího vodopádu, vpravo 3D, zdroj: KRMAP



Obr. 54 Okolí Sovího vodopádu, zdroj: ČÚZK

4.4. Postup práce

Veškeré práci předcházelo získání hlubších znalostí o vodopádech. O jejich klasifikaci, způsobu vzniku, způsobu měření a také jejich výskytu nejen v České republice, ale i ve světě. Zdroje k tomu použité byly podrobně popsány v kapitole 4.1. Jedním z cílů práce bylo vytvořit návrh vylepšené databáze a reprezentace vodopádů pro ZABAGED.

Z dat popsaných v kapitole 4.1 byla v programu Excel sestavena tabulka informací o vodopádech. Byla rozdělena do následujících 18 sloupců: ID, název, další názvy, název toku, soustava/série, X, Y, přesnost, ZABAGED, ZM10, výška, přesnost2, výška nejvyššího stupně, sklon, délka, zdroj1, zdroj2, fotografie.

Identifikační číslo (ID) vodopádu bylo přiřazeno podle pořadí, v jakém byl daný vodopád zpracováván. Slouží pro případ, že by se vyskytlo více vodopádů stejného jména, popř. pro odlišení jednotlivých vodopádů vodopádové série. Soustavě je přiřazeno pouze jedno ID a je zpracovávána jako jeden vodopád. Jak bylo vysvětleno v kapitole 1.1., soustava se skládá z více vodopádů blíže u sebe – v měřítku 1 : 10 000 by se tedy jejich rozestup neprojevil, na rozdíl od série.

Zdroji oficiálních názvů vodopádů byla databáze geografických jmen Geonames a internetová databáze www.vodopady.info. Pokud se názvy neshodovaly, zohledňovalo se spíše Geonames. Další názvy jsou k vodopádu přiřazeny, pouze pokud jsou uváděny v odborné literatuře, či v jiných ověřitelných zdrojích.

Informace o oficiálních názvech toků byly získávány z Geonames a www.vodopady.info. Pokud nemá oficiální název, uvádí se jako „bezejmenný“.

Údaje o příslušnosti vodopádů k soustavě či sérii byly vyplňovány na základě dostupných informací, nejčastěji z www.vodopady.info.

Poloha vodopádů je uváděna v souřadnicích X a Y systému JTSK (Jednotné trigonometrické síť katastrální). Zjišťovány byly primárně z www.vodopady.info a porovnávány se souřadnicemi ZABAGED. Pravděpodobnost, že se vodopád vyskytuje přesně na daných souřadnicích, udává hodnota atributu přesnost. Byla rozdělena do šesti kategorií od 0 do 5 (viz tab. 1).

0	odhad
1	neověřený zdroj
2	pouze jeden zdroj, odhad podle ZABAGED
3	ověřený internetový zdroj, publikace, nebo ZABAGED
4	ZABAGED + další zdroj
5	vlastní měření + ZABAGED, nebo jiný ověřený zdroj

Tab. 1 Přehled kategorií polohové přesnosti

Nulová přesnost značí pouze odhad souřadnic. Nejčastěji jsou to vodopády, jejichž poloha je popsána pouze slovně – např. Jiřetínský vodopád, o kterém lze nalézt informace pouze v knize od Martina Janošky. Poloha s přesností 1 je určena pomocí jednoho neověřeného zdroje. O takovém vodopádu je zmínka například pouze na jedné internetové stránce, jejíž přesnost souřadnic se nepodařilo ověřit, popř. bylo v terénu zjištěno, že obsahuje chyby. Mohou to být také vodopády vodopádové série, u kterých nejsou známy souřadnice, ale předpokládá se, že se vyskytují v určité vzdálenosti od hlavního vodopádu. 2 udává přesnost zjištěnou pomocí jednoho zdroje, jehož souřadnice byly upraveny (např. posunuty na vodní tok) podle ZABAGED. Příkladem je Bystrý vodopád, který leží na řece Bystrá. Původní souřadnice odkazovaly na místo mimo vyznačený vodní tok, souřadnice byly posunuty kolmo k vodnímu toku. Není vyloučeno, že chyba měření nebyla pouze v jednom směru a poloha vodopádu může být posunuta, proto má přesnost pouze 2. Souřadnice s přesností 3 byly získány z ověřitelného zdroje – ověřené internetové stránky či ze ZABAGED. Je to například vodopád Dírka na Díreckém potoce. Přesnost 4 mají souřadnice zjištěné z více zdrojů, z nichž jeden je ZABAGED. Příkladem může být Bílá stráž. Informací o její poloze lze najít celou řadu a je také zanesena do ZABAGED. V terénu bylo ověřeno, kde se nachází, i když poloha nemohla být změřena – přístup k ní není možný. Nejvyšší přesnost byla přidělena souřadnicím zjištěným pomocí vlastního měření a dalšího zdroje, nejlépe ZABAGED. Přehled hlavních použitých zdrojů lze najít v tab. 2. K vodopádu, který je uveden v ZABAGED se vyplňuje FID – identifikátor objektu. Pokud je vodopád zobrazen na posledním vydání ZM 10 (dostupné na geoportálu ZÚ k 20. 4. 2013), značí se znaménkem +, pokud ne, značí se pomocí –.

přesnost	zdroj
0	kniha M. Janošky, články V. Pilouse
1	www.kudykam.com, www.zajimavamista.cz, cs.wikipedia.org, www.toulavakamera.ceskatelevize.cz
2	www.vodopady.info, www.geology.cz
3	ZABAGED, www.vodopady.info
4	ZABAGED, www.mapy.cz, www.vodopady.info
5	ZABAGED, www.mapy.cz, www.vodopady.info, vlastní měření

Tab. 2 Přehled použitých zdrojů polohových souřadnic

Problematika výšky vodopádu byla vysvětlena v kapitole 1.4. Udává se s přesností na celé metry, popř. desetiny metru. Přesnost je opět rozdělena do šesti kategorií a značí, s jakou pravděpodobností má vodopád danou výšku (viz tab. 3).

0	odhad
1	nepřesný údaj, zaokrouhlený
2	neověřený zdroj
3	ověřený zdroj
4	více ověřitelných zdrojů
5	vlastní měření

Tab. 3 Přehled kategorií výškové přesnosti

Nulová přesnost je jen hrubý odhad, bez jakýchkoliv zdrojů – např. Průhonické vodopády, jejichž výšku bylo nutno odhadnout z fotografie. Přesnost 1 má nepřesná, nebo velmi zaokrouhlená výška. Například pokud je ve zdroji uvedeno, že výška je zaokrouhlená, či že je přibližná. Vodopádů s takovou výškou je minimum. 2 je přiřazena výšce, jejíž zdroj se nepodařilo ověřit, popř. v nich existují větší rozpory. Příkladem může být vodopád Bílá strž. Určité zdroje udávají 8,5 metru, jiné 13 – rozdíl poměrně výrazný. Výška s přesností 3 je z jednoho ověřeného zdroje (ověřováno v terénu) a je nejčastější. Pochází většinou z internetové stránky www.vodopady.info. Přesnost 4 má výška pocházející z více ověřených zdrojů. Například výška Výřího vodopádu je zmiňována na několika internetových stránkách, včetně regionálních deníků a encyklopedií. Nejvyšší přesnost mají takové vodopády, u kterých bylo provedeno vlastní měření. Základní přehled nejčastěji použitých zdrojů pro určení výšky je v tab. 4.

přesnost	zdroj
0	fotografie
1	www.vodopady.info
2	www.vodopady.info, cs.wikipedia.org
3	www.vodopady.info, kniha M. Janošky
4	články V. Pilouse, www.geology.cz, www.vodopady.info
5	vlastní měření

Tab. 4 Přehled použitých zdrojů pro určení výšky vodopádů

Polohová i výšková přesnost je zde uváděna pro zvýšení představy o kvalitě zdrojových dat. Pokud budou námi zjištěná data dále zpracovávána, může být přesnost návodem, které objekty potřebují revizi.

Výška nejvyššího stupně je vyjádřena v metrech a to pouze u vodopádů, které mají více stupňů. U vodopádové soustavy značí výšku nejvyššího stupně. Sklon vodopádu se udává v celých stupních a délka s přesností na celé metry, popř. desetiny metrů. Odkazy na internetové zdroje a odkaz na fotografii jsou ve formě hypertextového odkazu.

Dále probíhala práce v programu Esri ArcGIS 10.1. Souřadnice se převedly z tabulky Excel do programu. Tím vznikla bodová vrstva s názvem „vodopady_bod“, která obsahuje bodové znázornění dosud známých vodopádů. Bylo zjištěno, že do ZABAGED nejsou zaneseny některé vodní toky, na kterých se vyskytují vodopády. V programu se založila nová vrstva nazvaná „vodni_tok“. Pomocí editoru se do ní zakreslily toky tak, aby navazovaly na známé vodní toky. Podkladovou mapou byla ZM 10 připojená jako WMS server. V atributové tabulce byl přidán atribut NAZEV_VDP, který obsahuje názvy vodopádů ležících na daném vodním toku. Vytvořeno bylo celkem 10 nových vodních toků.

Dále byly vytvářeny liniové vrstvy „vodopady_linie“ a „vodopady_hrany“. První vrstva obsahuje vodopády, které mají v měřítku 1 : 10 000 nezanedbatelnou délku, a byl pro ně vytvořen speciální způsob reprezentace. Druhá vrstva obsahuje objekty, které leží na dvoučarých vodních tocích a musí být tedy znázorněny linií. Současně vznikla polygonová vrstva „pereje“ a liniová „pereje_hrany“, které obsahují prostorové informace o peřejích, jakožto příbuzném jevu vodopádů. Budou se zobrazovat pouze na dvoučarých vodních tocích. V České republice nejsou peřeje na jednočarých tocích natolik významné, aby se projevíly v měřítku 1 : 10 000.

4.5. Doporučení při tvorbě a návrh katalogových listů

Na rozdíl od původních dat jsou navrhovaná data mj. obohacena o výšky objektů, což odpovídá požadavkům INSPIRE Hydrography. Vodopády (*Falls*) mají ve verzi 3.0 povinný atribut výšky (*height*). Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.4., je zde výška definována jako měřená vzdálenost od nejnižšího bodu (paty vodopádu) k nejvyššímu (nástupní hraně). Peřeje jsou v INSPIRE Hydrography reprezentovány pouze jako body [URL 3]. Upravená definice byla použita jako definice v návrhu katalogového listu pro peřeje.

Databáze ZABAGED obsahuje ve dvou vrstvách („Vodopad“ a „Vodopad_b“) informace o 115 vodopádech. V návrhu vylepšené databáze byly vodopády rozděleny do tří vrstev – „vodopady_bod“, „vodopady_hrana“ a „vodopady_linie“. Bodové objekty se doporučuje zobrazovat pouze na jednočarých vodních tocích. Jsou to vodopády, jejichž délka nepřesáhne 15 metrů a šířka 5 metrů. Liniové objekty by se měly zobrazovat na dvoučarých i jednočarých vodních tocích. „Vodopady_hrana“ jsou vodopády, které leží na vodním toku širším než 5 metrů. „Vodopady_linie“ jsou objekty s nezanedbatelnou délkou v měřítku 1 : 10 000. Doporučuje se délka větší než 15 metrů. Návrh katalogového listu pro vodopády lze nalézt v tab. 5. Vaniš (2011) ve své práci doporučuje zavést objekt „dolní hrana vodopádu“ (zde je tento jev uváděn jako pata vodopádu). Navrhuje, aby se umisťoval pouze tehdy, bude-li jeho vzdálenost od hrany vodopádu větší než 10 metrů. Tuto vzdálenost lze doporučit pro ZABAGED, nikoli však pro ZM 10, která nyní primárně ze ZABAGED vzniká. Námi navrhovaných 15 metrů je minimum pro rozlišení objektu v této mapě. Dále říká, že by se objekt měl vyskytovat speciálně v případě příkrých stupňů. Ze zkušeností lze říci, že minimum příkrých vodopádů má délku větší než 10 (15) metrů. Doporučuje se spíše rozdělit objekty podle délky a pro delší vytvořit nový symbol, jak je popsáno výše. Dále Vaniš doporučuje jako minimální výšku vodopádu jeden metr. V kapitole 1.1. bylo zmíněno, že Pilous (2009a) doporučuje jako hraniční výšku dva metry.

Hodnota dvou metrů byla stanovena jako minimální i pro tuto práci. Výjimky budou popsány dále, přesněji v kapitole 5.

Doporučuje se přidat do databáze zcela nový objekt peřej. Bude se zobrazovat pouze na dvoučarých vodních tocích a bude obsahovat povinné atributy název a název vodního toku. Návrh katalogového listu pro objekt peřej je v tab. 6. Navrhujeme reprezentovat objekt pomocí polygonu a linie – polygonové peřeje na vodních tocích širších než 15 metrů a liniové na užších než 15 metrů (obdobně jako „vodopady_hrana“).

Databáze Geonames je složena ze 151 kategorií, vodopádů se týkají pouze dvě z nich – „kaskáda“ a „vodopád“. Z geomorfologického hlediska je kaskáda, jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly 1.2., typ vodopádu. Nejčastěji jsou kaskády (ve smyslu Geonames) vodopádovou soustavou (v terminologii z kapitoly 1.4.), bylo by vhodné tedy tento typ zaměnit za nový – „vodopádová soustava“. Jako data se použijí soustavy v atributové tabulce „vodopady_bod“, „vodopady_hrana“ a „vodopady_linie“. Dále doporučujeme zavést kategorii „peřej“. Peřeje se vodopádům podobají nejméně a mají vlastní geomorfologický vývoj. Jsou důležitým objektem na toku, zvláště pro provozovatele vodních sportů. Peřeje se vyskytují velmi často v blízkosti vodopádů, na více vodních tocích, zaměření jejich polohy by nemělo činit problém.

Návrh katalogového listu ZABAGED pro objekt vodopád je obohacen o nové atributy. Doporučuje se uvést atributy NAZEV, NAZEV_TOKU, SOUSTAVA_SERIE, FID a VYSKA jako povinné. Navrhujeme vyplňovat další názvy pouze u vodopádů, v jejichž názvu se zdroje neshodují a u vodopádů vodopádové série, které mají svůj vlastní název. Primárně budou uvedeny názvy jednotlivých vodopádů (např. Bukový, Hrncový, Plotnový) a jako další název celé série (vodopády Černé Desné). Vodopády jsou zpracovávány zvlášť, ale patří k jedné sérii, jejíž název by měl být pro zvýšení kvality dat uváděn. V kapitole 4.4. bylo vysvětleno, proč se doporučuje zpracovávat soustavu jako jeden vodopád. V databázi lze ale nalézt výjimky. Jsou to takové soustavy, jejichž každý stupeň má přiřazeno své vlastní FID. Atribut soustava_serie se doporučuje vyplňovat, pouze pokud vodopád přísluší k jedné z druhů. I když je vodopádová soustava zpracovávána jako jeden vodopád, skládá se z několika vodopádů a je důležité mít tuto informaci vyplněnu, např. pro terénní šetření. Speciálně pro vrstvu „vodopady_linie“ se doporučuje přidat atribut délka (DELKA), který bude udávat délku vodopádu.

Návrh katalogového listu pro objekt peřej obsahuje pouze tři atributy: NAZEV, NAZEV_TOKU a FID. Názvy peřejí mohou být vyplněny, pokud existují oficiální podoby (např. Stvořidla), v ostatních případech se doporučuje udávat peřeje a název toku (např. peřeje Otavy), popř. je možné uvést je jako bezejmenné. Název toku by se měl vyplňovat vždy, je důležitým informačním ukazatelem. FID je podobně jako u vodopádů identifikační číslo objektu.

Kategorie objektů:	4. VODSTVO	
Typ objektu: (s pořadovým číslem)	4.06 VODOPÁD	
Kód typu objektu:	BH180	
Definice objektu:		
Svislý, nebo příkrý stupeň (skalní stěna) v říčním korytě, přes který přepadá vodní tok.		
Geometrické určení objektu:	linie nebo bod	
Geometrická přesnost:	C	
Zdroj dat geometrických:	původní zdroj: ZM 10 letecké měřické snímky, ortofoto, šetření v terénu, internet	
Zdroj dat popisných:	původní zdroj: ZM 10 šetření v terénu, Geonames, internet	
Atributy:		
Název atributu:	Předmět atributu:	Hodnoty atributu:
NAZEV	jméno objektu	-
DALSI_NAZVY	ostatní jména objektu	-
NAZEV_TOKU	jméno vodního toku	-
SOUSTAVA_SERIE	geomorfologický typ objektu	soustava, série, -
PRESNOST_P	polohová přesnost	0 - 5
FID	jednoznačný identifikátor objektu	-
VYSKA	výška objektu	metr
PRESNOST_V	výšková přesnost	0 - 5
VYSKA_NEJ_STUPNE	výška nejvyššího stupně objektu	metr

Tab. 5 Návrh katalogového listu ZABAGED pro objekt vodopád, zdroj: ČÚZK

Kategorie objektů:	4. VODSTVO	
Typ objektu: (s pořadovým číslem)	4.13 PEŘEJ	
Kód typu objektu:		
Definice objektu:		
Část vodního toku se zrychleným proudem, rychlým spádem a menším sklonem, než aby se dala považovat za vodopád.		
Geometrické určení objektu:	polygon nebo linie	
Geometrická přesnost:		
Zdroj dat geometrických:	původní zdroj: internet	
Zdroj dat popisných:	původní zdroj: internet	
Atributy:		
Název atributu:	Předmět atributu:	Hodnoty atributu:
NAZEV	jméno objektu	-
NAZEV_TOKU	jméno vodního toku	-
FID	jednoznačný identifikátor objektu	-

Tab. 6 Návrh katalogového listu ZABAGED pro peřeje

4.6. Návrh kartografické vizualizace vodopádů a peřejí pro mapy středních měřítek

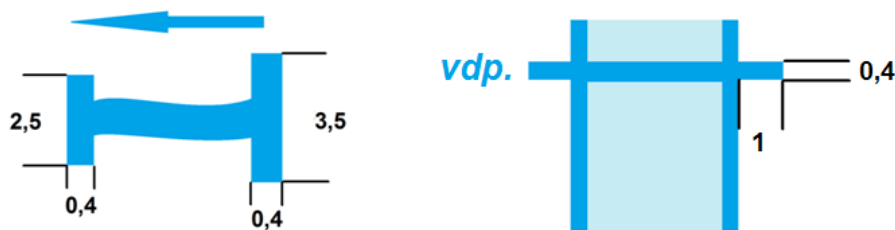
Jedním z cílů této práce bylo vytvořit návrh reprezentace vodopádů pro mapu v měřítku 1 : 10 000. Nynější symbolizace byla upravena a pro liniové vodopády a peřeje byly vytvořeny zcela nové symboly. Rozměry symbolů znázorněných níže na obrázcích jsou uvedeny v milimetrech.

Základem nového symbolu vodopádů („vodopady_linie“) jsou dvě linie, vzdálené od sebe v závislosti na délce vodopádu. Liší se tak, aby bylo možné na první pohled rozeznat začátek a konec vodopádu. Nástupní hrana vodopádu je symbolizována delší čarou, pata kratší. Obě linie přebírají barvu vodního toku a jsou k němu natočeny o 90°. K symbolu by se měl vždy přidávat název vodopádu. Přesné rozměry jsou na obr. 55, modrá šipka naznačuje směr toku. Ukázka symbolu v ZM 10 je na obr. 56. U dvoučarých vodních toků širších než 15 metrů bude použit stávající symbol. Na užších tocích se nezobrazuje celý, je zde vidět např. jen jedna kolmá čárka, což působí značně nevýrazně. Bude se na nich tedy zobrazovat pouze linie („vodopady_hrany“) přes vodní tok, který nepřerušuje, kolmá k břehovkám, přesahující jejich šířku a odpovídající barvě.

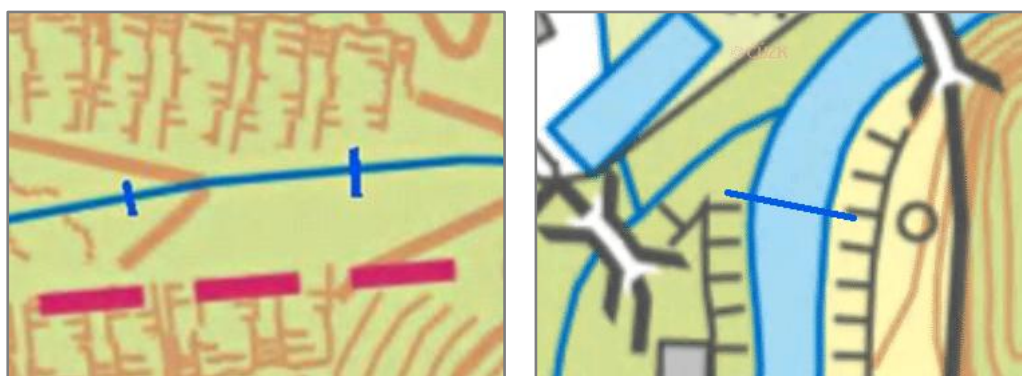
U bezejmenných by se přidávala zkratka „vdp.“, opět v barvě břehovek. Přesné rozměry symbolu jsou na obr. 55. Ukázka v ZM 10 je na obr. 56.

Peřeje vznikaly jako polygony a linie – jsou plošně rozsáhlejší než vodopády a v mapách se budou zobrazovat pouze na dvoučarých vodních tocích. Polygonové („perej“) se doporučuje symbolizovat sérií čar na sebe kolmých, které tvoří řetěz. Bohužel licence ArcGIS nedovolila potřebné úpravy a symbol tedy nevypadá tak, jak byl původně plánován. Doporučujeme se tedy při tvorbě inspirovat reprezentací na starých (analogových) mapách USA (viz kapitola 2.5). Do mapy by se měly zanášet pouze významné peřeje přesahující délku 100 metrů. Přesné rozměry jsou na obr. 57 a ukázka symbolu pro měřítko 1 : 10 000 na obr. 58. Pro liniové („perej_hrany“) se doporučuje stejný symbol, jaký mají nové liniové vodopády na dvoučarých tocích užších než 15 metrů. Rozliší se pouze zkratkou „vdp.“, kterou peřeje mít nebudou. Přesné rozměry nového symbolu lze vidět na obr. 57, jeho ukázka v mapě ZM 10 je na obr. 58

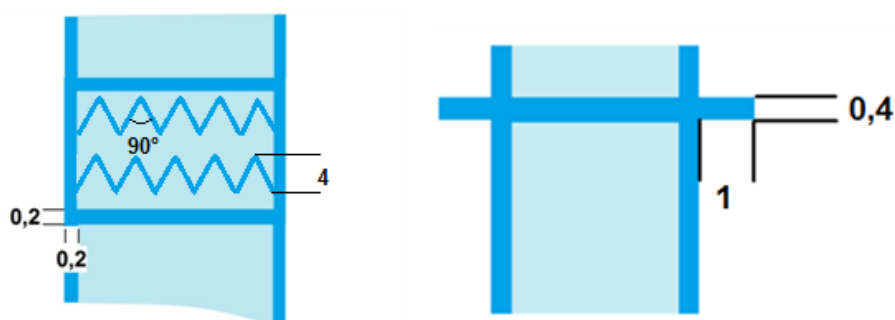
Bodový symbol vodopádu zůstane stejný s tím rozdílem, že ke každému bude přidán název vodopádu, u bezejmenných zkratka „vdp.“, která zrychlí orientaci uživatele v této celkem nevýrazné symbologii. Přesné rozměry symbolu a jeho ukázka v ZM 10 jsou na obr. 59.



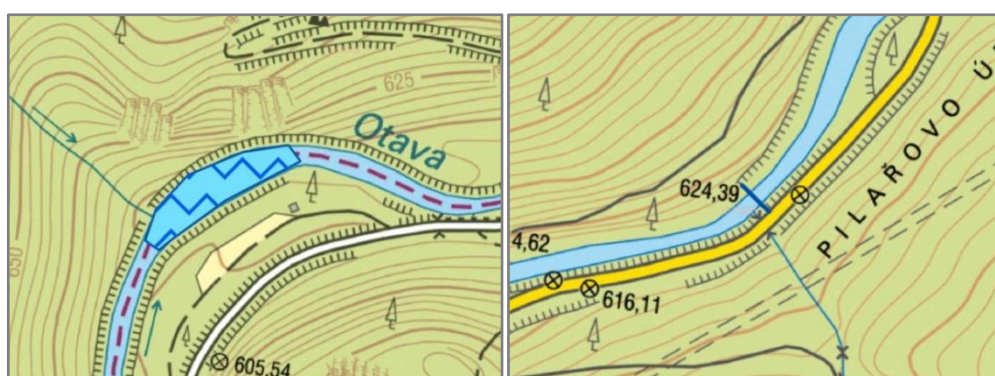
Obr. 55 Přesné rozměry návrhu nových symbolů pro liniové vodopády, vlevo na jednočarém, vpravo na dvoučarém vodním toku



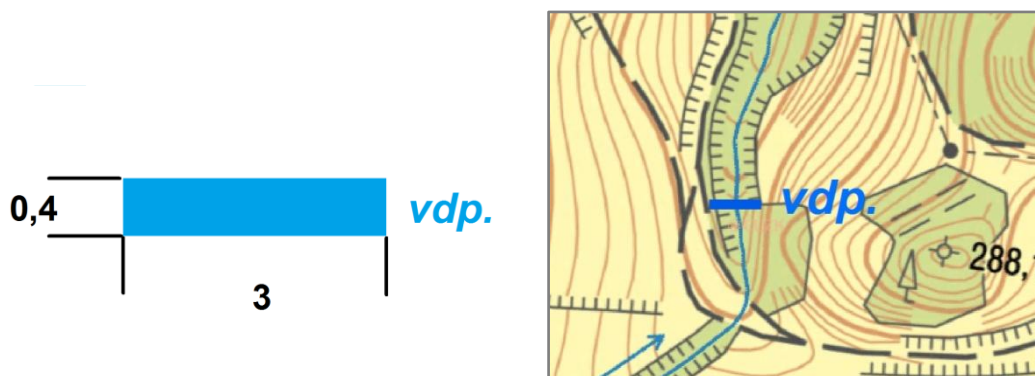
Obr. 56 Ukázka znázornění nových symbolů na ZM 10, vlevo na jednočarém, vpravo na dvoučarém vodním toku, zdroj: ČÚZK



Obr. 57 Přesné rozměry návrhu polygonového (vlevo) a liniového (vpravo) symbolu objektu peřej



Obr. 58 Ukázka aplikace symbolu peřej do mapy ZM 10, vlevo polygonová, vpravo liniová, zdroj: ČÚZK



Obr. 59 Přesné rozměry bodového symbolu a ukázka implementace do ZM 10, zdroj: ČÚZK

Přes veškerou snahu se nepodařilo dohledat názvy a výšky všech vodopádů uvedených v tabulce. Doporučuje se tedy zjistit přednostně výšku a název, popř. další informace těchto objektů. Pokud žádný oficiální název nemají, je možné jim přiřadit zcela nový. Nejčastěji by měl být odvozen od vodního toku, města, popř. stavby, v jejichž blízkosti se nacházejí. Při měření je doporučeno využívat metod popsanych v kapitolách 4.1. a 4.3. Všechny výše popsané a znázorněné symboly byly primárně navrhovány pro ZM 10, bude je však možné použít i pro Základní mapu 1 : 25 000.

5. Diskuze

V předchozích částech práce byly popsány návrhy na vylepšení databáze ZABAGED a Základní mapy 1 : 10 000 a možnosti měření polohy a výšky vodopádů. V této kapitole proběhne diskuze výsledků.

Přesnost některých metod měření polohy a výšky popsaných v kapitole 4.1. a 4.3. byla ověřena v terénu. Polohově se zaměřilo celkem sedm vodopádů, výškově pouze tři. Měření probíhalo pomocí GPS přístroje, výškově pomocí pásma (Vickovský), popř. druhé osoby (Prasátkové, v zahradě Kinských). Přesnost GPS přístroje se odvíjí od viditelnosti družic. V zalesněném terénu, kde se vyskytuje větší část vodopádů, má přístroj nižší přesnost – řádově metry. Přesto by tento způsob měření polohy mohl být dostačující. Výška byla v terénu měřena pomocí pásma. Tato metoda se ukázala jako dostačující u svislých, nižších vodopádů, kterých je ovšem v České republice menšina. Odhad výšky podle osoby stojící pod vodopádem je velmi užitečná a rychlá metoda. Časový rozsah práce nedovolil zaměřit více vodopádů a ani nebylo cílem opravovat polohové souřadnice a výšky všech vodopádů. Terénní šetření probíhalo spíše za účelem ověření metod měření v praxi.

Dále byla výška měřena z dat laserového skenování. Lze říci, že zjištění výšky touto metodou přinese nejpresnější výsledky. Její potenciál je patrný již z kapitoly 4.3. Pomineme-li časovou náročnost sběru dat, je to metoda velmi rychlá. Přesnost měření se neustále zvyšuje. Nejnovější verzí digitálního modelu reliéfu České republiky je pátá generace (DMR 5G), jejíž výšková střední chyba byla určena jako 0,20 metrů [URL 47]. Tato metoda je tedy vhodná i pro přesné určování výšek nižších vodopádů (např. 2-3 metry). Prozatím je nevýhodou pokrytí malé části území, k roku 2010 cca 33,4 %. Dokončení je plánováno na rok 2015, poté se bude pravděpodobně v pravidelných časových intervalech aktualizovat [URL 48]. Ani starší model (4. generace) nepokrývá celé území České republiky a jeho výšková přesnost je o něco nižší, přesněji o 0,05 metru (0,25 metrů) [URL 49]. Takovouto přesnost prozatím nenabízí žádná jiná metoda.

V průběhu práce vznikala tabulka v programu Excel, která ke dni 20. 4. 2013 obsahovala celkem 350 položek. Hlavní snahou bylo získat co nejpresnější údaje o vodopádech a nespokojit se s informací pouze z jednoho zdroje. Ne vždy to bylo možné, jelikož literatura se vodopády v České republice téměř nezabývá a ověřování všech výsledků v terénu by bylo nad časové možnosti této práce. Kvalita zdrojů se značně lišila. Nejprínosnější byla internetová databáze www.vodopady.info, která obsahuje nejvíce vodopádů, i když i zde některé chyběly a některé se za vodopády nedaly považovat. Pro tuto práci byla stanovena minimální výška vodopádu dva metry, i když by se zde našly výjimky. Některé nižší objekty jsou významné jiným způsobem, např. tím, že jsou následkem významného narušení krajiny (např. Odlezelské vodopády), a proto byly také zaneseny do tabulky. Z toho plyne, že objekty byly posuzovány individuálně.

Současný znakový klíč Základní mapy 1 : 10 000 postrádá u objektu vodopád zpracovanost. Byly proto navrženy nové symboly, které zlepší orientaci koncového uživatele v mapě a přinesou do ní přehlednost. Navrhovány byly v souladu se ZM a zohledňovaly současnou symbologii. Inspirace byla čerpána ze zahraničních zdrojů, hlavně Nového Zélandu, jehož mapy jsou na velmi vysoké úrovni a jsou dobrým příkladem toho, kam by se měl vývoj našeho mapového klíče ubírat. Nejvýraznější změnou je zavedení zcela nového symbolu pro objekt peřej. Snahou bylo vystihnout charakteristický tvar peřejí, které na vodním toku vytvářejí výrazné vlnění. Různě dlouhé čárky se zdály jako nejlepší volba, naznačí uživateli na první pohled nepravidelnost na toku. Změnou prošly také symboly na jednočarých vodních tocích. Důvodem k tomuto kroku bylo vytvoření zcela nového znaku pro vodopády s nezanedbatelnou délkou, čímž došlo k jejich zvýraznění v mapě. Nový symbol vodopádů ležících na dvoučarých vodních tocích pomůže

zlepšit celkový dojem z mapy. Nejenom že je velmi podobný bodovému symbolu na jednočarých tocích, což usnadní jeho zapamatování, ale také pomůže odstranit zhoršení čitelnosti mapy na užších vodních tocích. Všechny objekty byly rozděleny do příslušných vrstev a ve formátu shapefile přidány jako příloha k této práci, symbologie je přidána ve formátu .mxd pod názvem Vodopády České republiky.

6. Závěr

V úvodní části byly podrobně vysvětleny pojmy, které se váží k vodopádům, včetně příbuzných jevů, z nichž byl jeden (peřej) vybrán a zpracováván podobně jako vodopády. Dále byla sestavena stručná charakteristika oblastí, ve kterých se vodopády velmi často vyskytují a byly přidány informace o českých a světových vodopádech.

Jedním z cílů práce bylo sestavit rešerši zahraničních digitálních topografických databází a topografických map. Tato rešerše obsáhla celkem sedm států ze dvou kontinentů. Z této části bylo zjištěno, že na zahraničních mapách mají vodopády podobnou reprezentaci, většinou obyčejnou čáru kolmou k vodnímu toku (obdobně jako na ZM 10), popř. k břehovkám. Naopak v peřejích se reprezentace často lišily. Od Velké Británie, na jejíchž mapách nemají peřeje žádný symbol, ke Kanadě, jejíž symbolizace peřejí je graficky komplikovanější. Symbol navržený v této práci byl však inspirován především reprezentací na analogových mapách USA, která dle našeho názoru velmi dobře vystihuje charakter peřejí.

Díky této práci vznikl návrh vylepšené databáze ZABAGED pro objekt vodopád. Vylepšená databáze splňuje pravidla evropské iniciativy INSPIRE, která přidává k objektům povinný atribut výšku. Byla naplněna reálnými daty, zjištěnými ze zdrojů popsanych v kapitole 4.1. Některé byly velmi kvalitní, jiné méně. Největší úskalí této části práce představovalo určení přesnosti souřadnic a výšky vodopádů. Z většiny použitých zdrojů není jasné, jak autor k daným informacím dospěl. Zjištěné nedostatky ZABAGED – chybějící vodní toky, byly napraveny a jsou přiloženy k práci ve formátu shapefile pod názvem „vodni_tok“. Pro možnost budoucí kontroly je k práci přiložena tabulka programu Excel s názvem Vodopády ČR, která obsahuje souhrn informací o 350 objektech.

Dále bylo v práci doporučeno přidání zcela nového objektu peřej do databáze. Důvody tohoto doporučení byly probrány v předchozích kapitolách. Pro tento objekt byl vytvořen návrh katalogového listu, obdobný jako pro vodopád. Má méně atributů než katalogový list objektu vodopád, ale není vyloučeno, že by se v budoucnu mohl rozrůst o zcela nové.

Byly navrženy nové symboly reprezentace vodopádů a peřejí speciálně pro Základní mapu 1 : 10 000. Pro lepší orientaci v českých vodopádech byl vytvořen Katalog vodopádů České republiky, který obsahuje základní informace ke všem dosud známým objektům a to včetně fotografie. Je přiložen k této práci ve formátu PDF.

Cíle se tedy podařilo naplnit. Zpracovávat toto téma bylo velmi zajímavé a inspirující v mnoha ohledech. Doufejme, že tato práce přispěje ke zvýšení povědomí o tomto zajímavém jevu, k jeho kvalitnějšímu zachycení a veškerý čas jí věnovaný nepřijde vněč.

Použitá literatura:

ARSEJEV, Georgij Terent'jevič. *Vodopady*. Moskva: Mysl, 1987, 125 s.

HERITAGE, George L. a Andrew R. G. LARGE. *Laser scanning for the environmental sciences*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2009, 278 s., ISBN 14-051-5717-8.

KARPAŠ, Roman et al. *Jizerské hory*. Vyd. 1. Liberec: RK, 2009, 576 s. ISBN 978-80-87100-08-0.

PILOUS, Vlastimil. Vodopády Krkonoš. *Krkonoše - Jizerské hory*. 2009a, č. 1, s. 22-25.

Dostupné z:

http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=10283&Itemid=32.

PILOUS, Vlastimil. Vodopády: Labský vodopád. *Krkonoše - Jizerské hory*. 2009b, č. 2, s. 20-22. Dostupné z:

<http://krkonose.krnep.cz/rejstrik/info.php?rok=2009&cislo=2&clanek=14>

PILOUS, Vlastimil. Vodopády: Pančavský vodopád. *Krkonoše - Jizerské hory*. 2009c, č. 4, s. 20-22. Dostupné z:

http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=10406&Itemid=32

PILOUS, Vlastimil. Vodopády: Sezónní a periodické vodopády Labských jam. *Krkonoše - Jizerské hory*. 2009d, č. 6, s. 20-21. Dostupné z:

<http://krkonose.krnep.cz/rejstrik/info.php?rok=2009&cislo=6&clanek=16>

PILOUS, Vlastimil. Vodopády: Vodopády v povodí Malé Úpy. *Krkonoše - Jizerské hory*. 2011, č. 3, s. 20-21. Dostupné z:

http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=11277&Itemid=37

STRAHLER, Alan H., Arthur Newell STRAHLER. *Physical geography: science and systems of the human environment*. New York: John Wiley, 1997, xvi, 637 s. ISBN 04-711-1299-2.

SUMMERFIELD, Michael A. *Global geomorphology: an introduction to the study of landforms*. 1. vyd. Harlow: Pearson Prentice Hall, 1991, xiv, 537 s. ISBN 05-823-0156-4.

TUREK, Miloš. *Vodopády: Obecná problematika a mapování vybrané oblasti ve Velké Fatře a Nízkých Tatrách*. Praha, 1998. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie, PřF UK.

VANIŠ, Pavel. *Výzkum získávání a vedení objektů mikroreliefu a kosterních čar terénu v rámci ZABAGED*. Zdičky: VÚGTK, 2011. Výzkumná zpráva č. 1197/2011. 32 s.

WORCESTER, Philip G. *A Textbook of Geomorphology*. 4. vyd. New York: D. Van Nostrand Company, Inc., 1946.

Internetové zdroje:

- [URL 1] Slovník spisovného jazyka českého. *Ústav pro jazyk český Akademie věd*, v. v. i. [online]. 2011 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://ssjc.ujc.cas.cz/search.php>.
- [URL 2] Struktura DIBAVOD: Katalogový list DIBAVOD. VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, v. v. i. *Oddělení geografických informačních systémů a kartografie* [online]. 2011 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: http://www.dibavod.cz/index.php?id=27&id_dib=68.
- [URL 3] INSPIRE. *INSPIRE Data Specification on Hydrography – Guidelines* [PDF]. Brusel, 2009 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_HY_v3.0.pdf.
- [URL 4] O vodopádech. *Vodopády České republiky* [online]. 2006 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.vodopady.info/cz/vdpCR.php?page=about>.
- [URL 5] Peřej. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Pe%C5%99ej>.
- [URL 6] Nilské katarakty. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2011-2013 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Nilsk%C3%A9_katarakty.
- [URL 7] Tallest Waterfalls in Europe. *World waterfall database* [online]. 2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.worldwaterfalldatabase.com/continent-tallest-waterfalls/Europe/>.
- [URL 8] Salto Ángel. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2009-2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Salto_Angel.
- [URL 9] Pančavský vodopád. *Vodopády České republiky* [online]. 2006 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.vodopady.info/cz/krkonose/Krkonose.php?page=pancavsky>.
- [URL 10] Umělé vodopády. *Vodopády České republiky* [online]. 2006 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.vodopady.info/cz/umele/Umele.php>.
- [URL 11] Victoria Falls. *World waterfall database* [online]. 2013 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.worldwaterfalldatabase.com/waterfall/Victoria-Falls-111/>.
- [URL 12] Mosi-oa-Tunya / Victoria Falls. *UNESCO World Heritage Centre* [online]. 1992-2013 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://whc.unesco.org/en/list/509>.
- [URL 13] Tallest waterfalls in Australia. *World waterfall database* [online]. 2013 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.worldwaterfalldatabase.com/continent-tallest-waterfalls/Australia/>.

-
- [URL 14] Shomyo Waterfall and Hannoki Waterfall. *World of Waterfalls* [online]. 2009 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.world-of-waterfalls.com/asia-shomyo-waterfall.html>.
- [URL 15] Plitvice Lakes National Park. *UNESCO World Heritage Centre* [online]. 1992-2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://whc.unesco.org/en/list/98>.
- [URL 16] KONEČNÝ, Vratislav. Na sedmi kilometrech 92 vodopádů. Plitvice, říše Vinnetoua. *Cestování idnes.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://cestovani.idnes.cz/na-sedmi-kilometrech-92-vodopadu-plitvice-rise-vinnetoua-p2r-/chorvatsko.aspx?c=A090612_173530_igcechy_tom.
- [URL 17] Angel Falls (Salto Ángel). *World of Waterfalls* [online]. 2007 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.world-of-waterfalls.com/latin-america-angel-falls.html>.
- [URL 18] Iguazu Falls. *World of Waterfalls* [online]. 2007 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.world-of-waterfalls.com/latin-america-iguazu-falls.html>.
- [URL 19] James Bruce Falls. *World waterfall database* [online]. 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.worldwaterfalldatabase.com/waterfall/James-Bruce-Falls-1191/>.
- [URL 20] Yosemite Falls. *World waterfall database* [online]. 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.worldwaterfalldatabase.com/waterfall/Yosemite-Falls-9/>.
- [URL 21] *Niagarské vodopády: O Niagara Falls nejen pro cestovatele* [online]. 2013 [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.niagarske-vodopady.info/>.
- [URL 22] Niagara Falls. *World waterfall database* [online]. 2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.worldwaterfalldatabase.com/waterfall/Niagara-Falls-106/>.
- [URL 23] Niagarské vodopády - divoké peřeje. In: *Česká televize* [online]. 2011 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10400952403-niagarske-vodopady-divoke-pereje/>.
- [URL 24] Um Landmælingar Íslands. *Landmælingar Íslands* [online]. 2012 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://www.lmi.is/um-landmaelingar-islands/>.
- [URL 25] IS 50V: Stafrænn kortagrunnur af öllu Íslandi. *Landmælingar Íslands* [online]. 2012 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.lmi.is/is-50v/>.
- [URL 26] Topographic Maps. *Natural Resources Canada* [online]. 2010 [cit. 2013-03-21]. Dostupné z: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/products-services/mapping-product/topographic-maps/2666>.

-
- [URL 27] National Topographic Data Base (NTDB). *GeoGratis* [online]. 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://geogratis.gc.ca/api/en/nrcan-rncan/ess-sst/de76d6ba-63d9-4d2e-9549-5487b0a54013>.
- [URL 28] GeoGratis. *Natural Resources Canada* [online]. 2010 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://geogratis.gc.ca/beta/search?lang=en>.
- [URL 29] Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS). *Adv* [online]. 2008, 2012-02-03 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uMen=ab9708a8-6975-7011-3bbc-251ec0023010>.
- [URL 30] Dokumentace k modelování geoinformací úředního zeměměřictví. *Homogenizace geodat na hranicích* [online]. 2008 [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://geodat.ioer.info/fileadmin/download/Kataloge/ATKIS_3A_CZ.pdf.
- [URL 31] Allgemeine Angaben zur Objektart. *ATKIS-Objektartenkatalog* [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start?dst_oar=5203&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst02&dst_land=ADV.
- [URL 32] Maps & Topographic Services. *Land Information New Zealand* [online]. 2012 [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: <http://www.linz.govt.nz/topografy>.
- [URL 33] New Zealand Topographic Data Dictionary. *Land Information New Zealand* [online]. 2012 [cit. 2012-11-18]. Dostupné z: <http://apps.linz.govt.nz/topo-data-dictionary/>.
- [URL 34] United States Geological Survey. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Geological_Survey.
- [URL 35] Topographic Mapping. *U.S. Geological Survey* [online]. 2008 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/booklets/topo/topo.html>.
- [URL 36] Map Locator and Downloader. U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *The USGS Store* [online]. 2012 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: http://store.usgs.gov/b2c_usgs/usgs/maplocator/%28xcm=r3standardpitrex_prd&layout=6_1_61_48&uiarea=2&ctype=areaDetails&carea=%24ROOT%29/.do.
- [URL 37] About US Topo Maps. U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *The National Map* [online]. 2013 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://nationalmap.gov/ustopo/about.html>.
- [URL 38] *Digital Maps – Beta: Users Guide* [PDF]. 2012, 14 s. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://nationalmap.gov/ustopo/quickstart.pdf>.
- [URL 39] SwissTLM3D. FEDERAL OFFICE OF TOPOGRAPHY, swisstopo. *Swisstopo, the Federal Geo-Information center* [online]. 2012 [cit. 2013-01-12]. Dostupné z: <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/en/home/products/landscape/swissTLM3D.html>.

-
- [URL 40] OS MasterMap. ORDNANCE SURVEY. *Ordnance Survey – Great Britain's national mapping agency* [online]. 2013 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: <http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/products/os-mastermap/index.html>.
- [URL 41] OS MasterMap Object Catalogue. In: *Ordnance Survey* [online]. 2001 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: <http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/docs/legends/os-mastermap-real-world-object-catalogue.pdf>.
- [URL 42] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD. *Katalog objektů ZABAGED* [PDF]. Praha, 2013, 134 s. [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2013.pdf.
- [URL 43] *Vodopády České republiky* [online]. 2006 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.vodopady.info/cz/vdpCR.php>.
- [URL 44] Garmin GPSMAP 62s. *GPS centrum* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://www.gpscentrum.cz/index.php?page=product_detail&item=1217&tab=2&ref=
- [URL 45] Absolutní tíhová zrychlení. *Geodetická observatoř Pecný* [online]. 2009 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://oko.asu.cas.cz/pecny/abstihm.html>.
- [URL 46] CHENG, Johnny T. Waterfalls 101: How Do I Measure A Waterfall's Height? *World of Waterfalls* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.world-of-waterfalls.com/featured-articles-waterfalls-101-how-do-i-measure-a-waterfalls-height.html>.
- [URL 47] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD, VOJENSKÝ GEOGRAFICKÝ A HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚŘAD. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)* [PDF]. 2012, 12 s. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf.
- [URL 48] Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). ČÚZK. *Geoportál ČÚZK* [online]. 2010 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/%28S%282vtrwy55spm1hvnjruecgifa%29%29/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&menu=302>.
- [URL 49] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD, VOJENSKÝ GEOGRAFICKÝ A HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚŘAD. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G)* [PDF]. 2010, 11 s. [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G_15012012.pdf.

Seznam příloh:

Příloha 1	elektronická verze práce ve formátu PDF
Příloha 2	data ve formátu shapefile
Příloha 3	symboly ve formátu .mxd
Příloha 4	katalog objektů ve formátu PDF
Příloha 5	tabulka s informacemi o vodopádech ve formátu .xlsx